

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-514035
(P2025-514035A)

(43)公表日 令和7年5月2日(2025.5.2)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
B 0 1 D	39/16 (2006.01)	B 0 1 D	39/16	A	3 B 2 1 1
B 0 1 D	39/20 (2006.01)	B 0 1 D	39/16	E	4 D 0 1 9
B 0 1 D	46/52 (2006.01)	B 0 1 D	39/20	C	4 D 0 5 4
B 0 1 D	29/07 (2006.01)	B 0 1 D	39/20	B	4 D 0 5 8
B 0 3 C	3/28 (2006.01)	B 0 1 D	46/52	A	4 D 1 1 6
		審査請求	未請求	予備審査請求	未請求 (全51頁) 最終頁に続く
(21)出願番号	特願2024-559662(P2024-559662)			(71)出願人	524351349
(86)(22)出願日	令和5年4月7日(2023.4.7)				マティヴ ルクセンブルク
(85)翻訳文提出日	令和6年12月2日(2024.12.2)				ルクセンブルク 5 3 2 6 コンターン
(86)国際出願番号	PCT/US2023/017899				リユー エドモン ルテ 1 7
(87)国際公開番号	WO2023/196604			(71)出願人	514065151
(87)国際公開日	令和5年10月12日(2023.10.12)				エルエムエス・テクノロジーズ・インコ
(31)優先権主張番号	63/328,959				ーポレイテッド
(32)優先日	令和4年4月8日(2022.4.8)				LMS Technologies, I
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)				nc.
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV			(74)代理人	100103610
	最終頁に続く				弁理士 ▲吉▼田 和彦
				(74)代理人	100109070
					最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ナノ粒子を組み込んだ開口ポリマーシート

(57)【要約】

開口ポリマー層、シート、メッシュ又はフィルムが様々な異なる用途のために提供される。ポリマーシートは、気体又は液体を流すための1以上の開口部を有する少なくとも1つのポリマー層、及びポリマー層の第1の表面と第1の表面と反対側の第2の表面の間にナノ粒子が配置されるようにポリマー層内に配置された複数のナノ粒子を含む。これらのナノ粒子は、ポリマーシートを通過する汚染物質を濾過する。特定の実施形態では、これらの開口シートはガスフィルター又は液体フィルターの支持膜を構成する。ナノ粒子は、支持膜の総圧力損失を低減してこのようなフィルターの効率を向上させる。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

気体又は液体を流すための 1 以上の開口部を有する少なくとも 1 つのポリマー層、及び前記ポリマー層内に配置された、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満である複数のナノ粒子を含むポリマーシート。

【請求項 2】

前記ポリマー層が第 1 の表面及び第 1 の表面と反対側の第 2 の表面を有し、前記ナノ粒子の少なくとも一部が第 1 の表面と第 2 の表面の間に配置されている、請求項 1 に記載のシート。

10

【請求項 3】

前記ポリマー層が、前記シート内にプリーツを形成するための少なくとも 1 つの折り目を含む、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 4】

前記ポリマー層が押出フィルムである、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 5】

前記開口部が細孔又は穿孔を含む、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 6】

前記開口部が六角形、正方形又は菱形である、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 7】

前記ポリマー層の表面にわたって延在する複数のプリーツを更に含む、請求項 1 に記載のシート。

20

【請求項 8】

前記ポリマー層がポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択される、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 9】

メッシュ、ネット、布、ニット又は織物を更に含む、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 10】

前記ポリマー層がガスフィルター用の実質的に剛性の支持層である、請求項 1 に記載のシート。

30

【請求項 11】

前記ポリマー層がフェイスマスク用の可撓性表面層である、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 12】

前記ポリマー層が指用包帯パッド用の可撓性表面層である、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 13】

前記ポリマー層が共押出されて接着結合層を形成する、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 14】

前記ナノ粒子が前記ポリマー層内に、ナノ粒子の密度が第 1 の表面から第 2 の表面に向かって減少するような勾配を形成する、請求項 2 に記載のシート。

【請求項 15】

前記ナノ粒子が前記ポリマー層に実質的に均一に分散されている、請求項 1 に記載のシート。

40

【請求項 16】

前記ナノ粒子が流体内で単独化され、前記ポリマー層の第 1 の表面に分散されている、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 17】

前記ポリマー層が、静電荷を有する繊維を含む、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 18】

前記ナノ粒子が炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択される、請求項 1 に記載のシート。

50

【請求項 19】

前記ポリマー層内に、前記ナノ粒子を前記ポリマー層に接着させる結合剤を更に含む、請求項 1 に記載のシート。

【請求項 20】

前記結合剤がデンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH 及び合成樹脂からなる群から選択される材料を含む、請求項 19 に記載のシート。

【請求項 21】

濾材、及び

前記濾材に接着された実質的に剛性の支持層を含み、前記支持層が繊維及び支持層内に配置された複数のナノ粒子を含み、前記ナノ粒子は、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満である、ガスフィルター。 10

【請求項 22】

前記ナノ粒子が、前記支持層を通過する汚染物質を濾過するように構成されている、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 23】

前記支持層が、気体又は液体を流すための 1 以上の開口部を有する少なくとも 1 つの押出ポリマーフィルムを含む、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 24】

前記ポリマーフィルムが第 1 の表面及び第 1 の表面と反対側の第 2 の表面を有し、前記ナノ粒子の少なくとも一部が、第 1 の表面と第 2 の表面との間に配置されている、請求項 23 に記載のガスフィルター。 20

【請求項 25】

前記ポリマーフィルムが前記シート内にプリーツを形成するための少なくとも 1 つの折り目を含む、請求項 23 に記載のガスフィルター。

【請求項 26】

前記開口部が細孔又は穿孔を含む、請求項 23 に記載のガスフィルター。

【請求項 27】

前記開口部が六角形、正方形又は菱形である、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 28】

前記支持層の表面にわたって延在する複数のプリーツを更に含む、請求項 21 に記載のガスフィルター。 30

【請求項 29】

前記ポリマーフィルムがポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択される、請求項 23 に記載のガスフィルター。

【請求項 30】

メッシュ、ネット、布、ニット又は織物を更に含む、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 31】

前記ナノ粒子が流体内で単独化され、前記ポリマー層の第 1 の表面に分散されている、請求項 21 に記載のガスフィルター。 40

【請求項 32】

前記支持層が、静電荷を有する繊維を含む、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 33】

前記ナノ粒子が炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択される、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 34】

前記支持層内に、前記ナノ粒子を前記支持層に接着させる結合剤を更に含む、請求項 21 に記載のガスフィルター。

【請求項 35】

前記結合剤がデンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH及び合成樹脂からなる群から選択される材料を含む、請求項34に記載のガスフィルター。

【請求項36】

内部構造内に細孔を有する基材と、

前記基材の内部構造内の、少なくとも1つの寸法が1ミクロン未満である複数のナノ粒子

とを含み、前記ナノ粒子は基材内に、ナノ粒子の密度が前記基材の第1の表面から、反対側の第2の表面に向かって減少するような勾配を形成する、複合材料。

【請求項37】

前記基材が繊維性材料を含む、請求項36に記載の複合材料。

【請求項38】

前記繊維性材料が複数のマイクロファイバーを含み、前記マイクロファイバーは1寸法が1ミクロン以上である、請求項37に記載の複合材料。

【請求項39】

前記マイクロファイバーが、スパンボンド法、メルトブローン法、及びエレクトロスピンニング法からなる群から選択される手法で形成される、請求項38に記載の複合材料。

【請求項40】

前記ナノ粒子が、約1ミリメートル～約3ミリメートルの距離だけ外表下に延在する、請求項36に記載の複合材料。

【請求項41】

請求項36に記載の複合材料を含む、ガスフィルター。

【請求項42】

請求項36に記載の複合材料を含む、液体フィルター。

【請求項43】

請求項36に記載の複合材料を含む、フェイスマスク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2022年4月8日出願された米国仮出願第63/328,959号の利益を主張するものであり、その全開示は、目的を問わず、参照により本明細書の一部として援用される。本出願は又、本発明の譲受人に譲渡された同時係属中の米国仮特許出願第63/328,970号、第63/328,983号、第63/328,998号、第63/329,009号、第63/329,018号、第63/329,137号、第63/329,146号、第63/329,155号、第63/329,158号、第63/329,161号及び第63/329,162号（全て2022年4月8日出願）にも関連し、これらの全開示は、目的を問わず、その全体が参照により本明細書の一部として援用される。

【0002】

技術分野

本明細書は、一般に、ナノ粒子を組み込んだ開口ポリマーシート、支持部材及び他の材料、並びにそのような材料から形成されたフィルターに関する。

【背景技術】

【0003】

開口ポリマーシート又はフィルムは、開口、細孔又は穿孔を含む軽量の不織布材料である。開口部は、パターン（円形、菱形、六角形、楕円、三角形、長方形など）でエンボス加工され、その後、エンボス加工によって作出された薄くなった領域に開口部が形成されるまで延伸される場合がある。このような開口基材は、ポリプロピレン、ポリエチレン、高密度ポリエチレン（「HDPE」）などの多くのポリマーから形成することができる。ポリマー層は、例えば、押出フィルムを含み得る。

開口フィルムは、指用包帯、手術衣、ドレープ、マスク、歯のホワイトニング用ストリップ、ヒドロゲルスクリム、鼻用支持材料、電極支持製品、フィルター、食品加工、包装及び繊維用途、農業製品、チーズ製造用ネットなどの食品包装といった多くの用途に使用されている。開口フィルムは市販されており、デルネット（登録商標）の商標で販売されている。

【0004】

開口フィルムの特に有用な1つの用途は、空気及び液体濾過装置の支持製品としてのものである。支持シート又は膜は、フィルターにおいてフィルター層に構造的サポートを提供するために使用されることが多い。これらのシートは、濾液がシートを通過して下層の濾材にいくことを可能にするために開口を有していることが多い。一般に、ある速度で濾過を行うと、支持膜のクロスフロー圧力損失が見られることがあり、これは流体をフィルターに通すのに必要な力の増大を示している。ある支持膜のクロスフロー圧力損失を最小化することで、濾過の運転コストを低減することができる。

10

従って、改良された支持膜とそのような膜を含むフィルターが必要とされる。このようなフィルターの効率を向上させるためには、支持膜の総圧力損失を低減することが望ましい。

【発明の概要】

【0005】

以下は、特許請求される主題のいくつかの態様の基本的な理解を提供するために、特許請求される主題の簡略化した要約を示す。この要約は、特許請求される主題の広範な概要ではない。本要約は、特許請求される主題の重要な又は決定的な要素を特定することも、特許請求される主題の範囲を画定することも意図していない。その唯一の目的は、後に示すより詳細な説明の前段階として、簡略化した形で特許請求される主題のいくつかの概念を提示することである。

20

1以上の開口部、細孔又は穿孔を含み、ポリマー層内にナノ粒子を組み込んだ開口ポリマー層、シート、メッシュ又はフィルムが提供される。特定の実施形態では、開口シートはガスフィルター又は液体フィルターの支持膜を構成する。開口ポリマーシートは、例えば、濾材の支持体を提供することができ、又は必要な構造的サポートを提供するために別の層を付着させることもできる。ナノ粒子は汚染物質を捕捉し、支持膜の総圧力損失を低減して、このようなフィルターの効率を向上させる。

30

【0006】

一態様において、ポリマーシートは、気体又は液体を流すための1以上の開口部を有する少なくとも1つのポリマー層、及びナノ粒子がポリマー層の第1の表面と第1の表面と反対側の第2の表面の間にナノ粒子が配置されるようにポリマー層内に配置された複数のナノ粒子を含む。これらのナノ粒子は、ポリマーシートを通過する汚染物質を濾過する。

特定の実施形態では、ポリマーシートは、押出フィルムである。開口部は細孔又は穿孔を含み得る。開口部は、菱形、円形、六角形、正方形、又はこれらの組合せなど、いずれの適切な形状を有してもよい。特定の実施形態では、シートは、ポリマー層の表面にわたって延在する複数のブリーツを有する。複数の種類のシートを合わせることができ、1以上の層を使用してもよい。異なる材料のシートを合わせることができる。

40

ポリマー層は、ポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択することができる。ポリマーシートは、メッシュ、ネット、布、ニット、又は織物を更に含むことができる。

【0007】

特定の実施形態では、ポリマー層は、ガスフィルター用の実質的に剛性の支持層である。他の実施形態では、ポリマー層は、フェイスマスク用の可撓性表面層である。更なる実施形態では、ポリマー層は、指用包帯パッド用の可撓性表面層である。

ポリマー層は、共押出されて接着結合層を形成してもよい。ポリマー層は、第1の表面及び第1の表面と反対側の第2の表面を有してよく、ナノ粒子は、ポリマー層内に、ナノ粒子の密度が第1の表面から第2の表面に向かって減少するような勾配を形成し得る。複

50

数の実施形態では、ナノ粒子は、ポリマー層全体に実質的に均一に分散されている。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面及び第2の表面の両方から基材に添加されてもよい。これらの実施形態では、第1の表面及び第2の表面における面積密度若しくは「添加量」は、互いに実質的に等しくてもよく、又は用途に応じて異なってもよい。これらの実施形態では、基材の中央部に存在する面積密度又は「添加量」は、外表よりも低い。例えば、基材の中央部の面積密度は、外表の面積密度の約75%であってよく、又は約50%、40%若しくは25%であってもよい。

【0008】

特定の実施形態では、ナノ粒子は、約0.1グラム/ m^2 ～約20グラム/ m^2 、好ましくは少なくとも約2.0グラム/ m^2 の添加量を含み得る。具体的な添加量又は面積密度は、用途によって異なり得る。例えば、出願人は、面積密度又は添加量が高いほど、汚染物質を濾過する不織布材料の効率が良いことを見出した。

10

特定の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面を通して基材に堆積されている。ナノ粒子は、第1の表面を通して、第1の表面と第2の表面の間の基材の「深さ方向に」浸透する。本明細書で使用する場合、「深さ方向に」という用語は、ナノ粒子がポリマーシートの第1の表面を越えて、ナノ粒子の少なくとも一部がポリマーシートの内部構造の第1の表面とそれと反対側の第2表面の間に配置されるように分散していることを意味する。他の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から第2の表面まで実質的に基材全体に浸透している。他の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から第1の表面と第2の表面の間の位置まで、ポリマーシートの一部に分散している。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から、第1の表面と第2の表面の間の幅又は厚さの少なくとも25%、又はより好ましくは厚さの少なくとも約50%に浸透している。

20

【0009】

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、支持繊維に対して空間内に三次元的に分布しており、これによって繊維表面積及びポリマーシート内の微小容積は増加し得る。三次元分布は又、ポリマーシートの特定の部分の完全な閉塞に対する耐性を提供し、これは、流体（例えば、空気及び他の気体）がフィルターを通過することを可能にし、それによってフィルターの総圧力損失を低減するので、濾材において特に有用である。

特定の実施形態では、ポリマーシートは、第1の表面から第2の表面までの厚さを有し、ナノ粒子は、ポリマーシート内に、第1の表面から第2の表面までの幅の少なくとも70%に配置される。複数の例では、ナノ粒子は、ポリマーシート内に、第1の表面から第2の表面までの厚さの少なくとも90%に配置される。

30

特定の実施形態では、ナノ粒子は、流体内で単独化され、ポリマーシートの第1の表面に分散されている。流体は、例えば、空気、ヘリウム、窒素、酸素、二酸化炭素などの気体媒体であり得る。ナノ粒子は、この気体媒体から気体流、エアロゾル、気化器、噴霧器又は他の適切な送達機構によって分散させ得る。

【0010】

ナノ粒子は、任意の適切な材料、例えば、ガラス、生体溶解性ガラス、セラミック材料、アクリル、炭素、金属、例えば、アルミナ、ポリマー（例えば、ナイロン、ポリエチレンテレフタレート(polyethylene terephthalate)など）、ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリオレフィン、ポリアセタール、ポリエステル、セルロースエーテル(cellulose ether)、ポリアルキレンスルフィド、ポリ(アリーレンオキシド)、ポリスルホン、変性ポリスルホンポリマー及びポリビニルアルコール、ポリアミド、ポリスチレン、ポリアクリロニトリル、ポリ塩化ビニリデン、ポリメチルメタクリレート、ポリフッ化ビニリデン、及びこれらの任意の組合せを含み得る。

40

基材の繊維は、限定されるものではないが、エアレイド法、スピナレット、ゲル紡糸、溶融紡糸、湿式紡糸、乾式紡糸、アイランド・イン・ア・シー(islands-in-a sea)ステープル又はスパンボンド、セグメント化パイステープル又はスパンボンドその他を含む任意の方法によって製造することができる。企図される繊維は、限定されるものではないが、円形、インゲン豆形、犬の骨形、三つ葉形、バーベル形、ボウタイ形、星形、Y字形そ

50

の他を含む多くの断面形状を有し得る。

【0011】

繊維は、人工繊維であっても天然繊維であってもよい。繊維に適した材料としては、限定されるものではないが、ポリプロピレン、ポリエステル（PET）、PENポリエステル、PCTポリエステル、ポリプロピレン、PBTポリエステル、コポリアミド、ポリエチレン、高密度ポリエチレン（「HDPE」）、LLDPE、架橋ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリアクリロニトリル、ポリフマロニトリル、ポリスチレン、スチレン無水マレイン酸、ポリメチルペンテン、シクロオレフィンコポリマー又はフッ素化ポリマー、ポリテトラフルオロエチレン、過フッ素化エチレン及びヘキシフルオロプロピレン、又はP（VDF-TrFE）のようなPVDFとのコポリマー若しくはP（VDF-TrFE-CFE）のようなターポリマー、プロピレン、ポリイミド、ポリエーテルケトン、セルロースエステル、ナイロン及びポリアミド、ポリメタクリル、ポリ（メチルメタクリレート）、ポリオキシメチレン、ポリスルホネート、アクリル、スチレン化アクリル、プレ酸化アクリル、フッ素化アクリル、酢酸ビニル、ビニルアクリル、エチレン酢酸ビニル、スチレンーブタジエン、エチレン／塩化ビニル、酢酸ビニルコポリマー、ラテックス、ポリエステルコポリマー、カルボキシル化スチレンアクリル又は酢酸ビニル、エポキシ、アクリル系マルチポリマー、フェノール、ポリウレタン、セルロース、スチレン又はこれらの任意の組合せが挙げられる。その他の従来の繊維材料も企図される。

10

【0012】

繊維は、異なるサイズの繊維を含んでよく、繊維は一般に、約1～約1000ミクロンの範囲の直径を有し、約1.27～7.62センチ（0.5～3インチ）の範囲の長さを有する。

20

特定の実施形態では、繊維は、芯と鞘を有するバイオコンポーネント（biocomponent）繊維である。複数の実施形態では、芯は鞘と偏心している。他の実施形態では、芯は鞘と同心である。

特定の実施形態では、ナノ粒子は、流体内で単独化され、ポリマー層の第1の表面に分散されている。ポリマー層は、静電荷を有する繊維を含み得る。ナノ粒子は、炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択することができる。

【0013】

30

特定の実施形態では、ポリマーシート（すなわち、繊維及び／又はナノ粒子）は、例えば、汚染物質が機械的濾過及び静電濾過の両方で捕捉されるように静電的に帯電させることができる。繊維とナノ粒子の間の接着は、ナノ粒子、繊維又はその両方を静電的に帯電させることによって強化することもできる。例えば、特定の実施形態では、ナノ粒子によって機械的濾過が達成できると共に、エレクトレット基材によって静電濾過が達成できるように、繊維を静電的に帯電させる。静電基材又はエレクトレット基材は、カーディング及びニードリングによって作製された高口フトの摩擦帯電濾材であり得る。実施形態の1つでは、ナノ粒子は好ましくはニードリング前に基材に堆積され、その後、静電繊維とナノ粒子の両方が一緒にニードリングされる。

特定の実施形態では、ポリマーシートは、ポリマー層内に、ナノ粒子をポリマー層に接着させる結合剤を更に含む。結合剤は、デンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH及び合成樹脂からなる群から選択される材料を含み得る。

40

【0014】

別の態様では、ガスフィルターは、濾材及び濾材に接着された実質的に剛性の支持層を含む。支持層は、繊維及び支持層内に配置された複数のナノ粒子を含む。ナノ粒子は、支持層を通過する汚染物質を濾過するように構成されている。支持層は、気体又は液体を流すための1以上の開口部を有する少なくとも1つの押出ポリマーフィルムを含み得る。

特定の実施形態では、ポリマーフィルムは、第1の表面及び第1の表面と反対側の第2の表面を有し、ナノ粒子の少なくとも一部が第1の表面と第2の表面との間に配置されている。ポリマーフィルムは、シート内にプリーツを形成するための少なくとも1つの折り

50

目を含み得る。開口部は、細孔又は穿孔を含み得る。開口部は、六角形、円形、正方形又は菱形などの形状を有し得る。

一実施形態では、支持層は、実質的に多孔性である。ある例示的实施形態では、支持層は、少なくとも0.5又は50%、好ましくは少なくとも0.8又は80%、より好ましくは約0.86又は86%の多孔度を有する。

【0015】

特定の実施形態では、ガスフィルターは、ポリマー層の表面にわたって延在する複数のブリーツを更に含む。ポリマーフィルムは、ポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択され得る。ガスフィルターは、メッシュ、ネット、布、ニット又は織物を更に含み得る。

10

特定の実施形態では、ナノ粒子は流体内で単独化され、ポリマー層の第1の表面に分散されている。支持層は、静電荷を有する繊維を含み得る。ナノ粒子は、炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択され得る。

特定の実施形態では、ガスフィルターは、ポリマー層内に、ナノ粒子をポリマー層に接着させる結合剤を更に含む。結合剤は、デンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH及び合成樹脂からなる群から選択される材料を含み得る。

【0016】

別の態様では、複合材料は、内部構造内に細孔を有する基材と、基材の内部構造内の複数のナノ粒子を含む。ナノ粒子は、基材内に、ナノ粒子の密度が基材の第1の表面から、反対側の第2の表面に向かって減少するような勾配を形成する。

20

基材は、繊維性材料を含み得る。繊維性材料は、複数のマイクロファイバーであり得、マイクロファイバーは1マイクロメートル以上の直径を有する。

特定の実施形態では、マイクロファイバーは、スパンボンド法、メルトブローン法、及びエレクトロスピニング法からなる群から選択される手法で形成される。ナノ粒子は、約1ミリメートル～約3ミリメートルの距離だけ外表下に延在する。

本明細書の様々な実施形態によって満たされる望ましい対象の本明細書における記載は、これらの対象のいずれか又は全てが、本明細書の最も一般的な実施形態又はそのより具体的な実施形態のいずれかにおいて、個々に又は集合的に、本質的な特徴として存在することを暗示又は示唆することを意味するものではない。

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、第1及び第2の支持膜及び濾材を備えたガスフィルターを示す。

【図2A-2B】図2A及び2Bは、支持膜として使用するための開口フィルムを示す。

【図3A-3E】図3A～3Eは、ナノ粒子がフィルムに組み込まれた開口フィルムの種々の実施形態を示す。

【図4】図4は、二重層濾材を示す。

【図5】図5は、ブリーツ加工不織布濾材を示す。

【図6】図6は、代表的なエアフィルターを示す。

【図7】図7は、ガスフィルターを示す。

40

【図8】図8は、基材内に不織布材料を製造するためのシステムを概略的に示す。

【図9】図9は、ナノファイバーのクラスターを個々のナノ粒子に変換するためのシステムを概略的に示す。

【図10A-10C】10A～10Cは、それぞれ、ナノファイバーのマクロクラスター、ナノファイバーのより小さなクラスター、及び個々に分離されたナノ粒子の写真である。

【図11】図11は、図13のシステムの排出装置を示す。

【図12】図12は、図13のシステムの反応器を示す。

【図13】図13は、ナノファイバーのクラスターを個々のナノ粒子に変換するためのシステムの別の実施形態を示す。

50

【図 1 4】図 1 4 は、二重層不織布材料を製造するためのシステムを示す。

【図 1 5】図 1 5 は、ナノ粒子が材料の一部に分散された不織布材料の側面図である。

【図 1 6】図 1 6 は、ナノ粒子が材料全体に分散された不織布材料の側面図である。

【図 1 7】図 1 7 は、ナノ粒子が材料中に勾配状に分散された不織布材料の側面図である。

【図 1 8】図 1 8 は、ナノ粒子が材料の深さ方向に分散された不織布材料を示す。

【図 1 9】図 1 9 は、材料の深さ方向に分散されたナノ粒子及びナノ粒子の上にあるスクリム層を有する不織布材料を示す。

【図 2 0】図 2 0 は、ナノ粒子が二層の内表に分散された二重層不織布材料を示す。

【図 2 1】図 2 1 は、流体流中で不織布材料を製造するためのシステムの別の実施形態を示す。

【図 2 2 A】図 2 2 A は、結合剤を使用しない不織布材料の写真である。

【図 2 2 B】図 2 2 B は、結合剤を使用した不織布材料の写真である。

【図 2 3 A】図 2 3 A は、ナノ粒子が材料全体に塊状又はクラスターとして分散された不織布材料の写真である。

【図 2 3 B】図 2 3 B は、ナノ粒子が材料全体に実質的に均一に分散された不織布材料の写真である。

【図 2 4 A - 2 4 C】図 2 4 A ~ 2 4 C は、不織布材料に組み込まれたバイオコンポーネント繊維を示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本明細書及び添付の図面は、例示的な実施形態を示すものであり、限定と見なされるべきではなく、特許請求の範囲が、等価物を含む本明細書の範囲を定義する。等価物を含む本明細書及び特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく、様々な機械的、組成的、構造的、及び操作的な変更を行うことができる。場合によっては、説明を不明瞭にしないために、周知の構造及び技術は示さず、詳細には説明していない。2つ以上の図の同様の番号は、同一又は類似の要素を表す。更に、1つの実施形態を参照して詳細に説明される要素及びそれらの関連する態様は、可能ならば、それらが具体的に示されていない又は説明されていない他の実施形態に含まれ得る。例えば、ある要素が、ある実施形態を参照して詳細に説明され、第2の実施形態を参照して説明されない場合でも、その要素はやはり第2の実施形態に含まれると言える。更に、本明細書における描写は説明のためのものであり、システム又は図示された部品の実際の形状、サイズ、又は寸法を必ずしも反映するものではない。

【0019】

本明細書及び添付の特許請求の範囲で使用される場合、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」、及び「その(the)」、並びに任意の単語の単数形の使用は、明示的且つ明白に1つの指示対象に限定されない限り、複数の指示対象を含むことに留意されたい。本明細書で使用される場合、「含む(include)」という用語及びその文法的変形は、非限定であることを意図し、リスト中の項目の列挙は、挙げられた項目に置換又は追加される他の同様の項目を排除するものではない。

別段の記載がない限り、「約」又は「およそ」などの語が記載されているか否かにかかわらず、いずれの定量値も近似値である。本明細書に記載される材料、方法、及び実施例は例示に過ぎず、限定を意図するものではない。

【0020】

1以上の開口部、細孔又は穿孔を含み、ポリマー層内にナノ粒子を組み込んだ開口ポリマー層、シート、メッシュ又はフィルムが提供される。開口フィルムは、指用包帯、手術衣、ドレープ、マスク、歯のホワイトニング用ストリップ、ヒドロゲルスクリム、鼻用支持材料、電極支持製品、フィルター、食品加工、包装及び繊維用途、農業製品、チーズ製造用ネットなどの食品包装といった多くの用途での使用のための構成することができる。

特定の実施形態では、開口シートは、ガスフィルター又は液体フィルターの支持膜を含

10

20

30

40

50

む。ナノ粒子は、支持膜の総圧力損失を低減してこのようなフィルターの効率を向上させる。

本明細書で使用される場合、「ナノ粒子」という用語は、少なくとも1つの軸又は寸法において1ミクロン未満の寸法を有する粒子を意味する。例えば、直径又は幅が1マイクロメートル未満で、長さが1マイクロメートルより大きい繊維が、本明細書で使用されるナノ粒子である。

【0021】

特定の実施形態では、各個のナノ粒子は、大きさが約1～約1000ナノメートル、好ましくは約1～約650ナノメートルの範囲の小粒子であり得る。個数粒度分布における粒子の少なくとも半分の粒径は、100ナノメートル以下と測定され得る。ナノ粒子の大部分は通常、数百個の原子のみから構成される。材料特性は、ナノ粒子のサイズが原子スケールに近づくにつれて変化する。これは、体積に対する表面積の比が大きくなり、材料の表面原子が材料性能を支配するようになるためである。ナノ粒子はそのサイズが非常に小さいため、粉体、板状、シート状又は大型繊維などのバルク材料と比較すると、体積に対する表面積の比が非常に大きい。この特徴により、ナノ粒子は、電子を閉じ込めて量子効果を生み出すのに十分小さいので、予想外の光学的、物理的及び化学的特性を有し得る。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、少なくとも1つの寸法（すなわち、繊維の断面形状によって直径、幅、高さなど）が1ミクロン未満であるナノファイバーを含む。ナノファイバーは、連続的な長さを有してもよいし、又はナノファイバーは、1～100,000ミクロン、好ましくは約100～10,000ミクロンなどの離散的な長さを有してもよい。

【0022】

本明細書に記載の基材は、互いに重ね合わされ、連結され、又は接着された個々の繊維又は糸の構造を含み得る。不織布は、機械的、熱的又は化学的に繊維又はフィラメントを絡ませることによって（及びフィルムに孔を開けることによって）一緒に接着されたシート又はウェブ構造を含み得る。それらは別個の繊維から、又は溶融プラスチック若しくはプラスチックフィルムから直接作製される実質的に平坦で多孔性のシートであり得る。好適な不織布材料の例としては、限定されるものではないが、メルトブローン、スパンボンド又はスパンレース、ヒートボンド、ボンデッドカード、エアレイド、ウェットレイド、共成形、ニードルパンチ、ステッチ、水力学的な絡み合せによる繊維、層又はウェブなどが挙げられる。

特定の実施形態では、基材は、ニット材料及び／又は織物材料を含み得る。ニット材料は、所望の用途に適した任意のニットパターンを含み得る。フィルター用途に適したニット材料としては、横編み、縦編み、ニットメッシュパネル、圧縮ニットメッシュなどが挙げられる。フィルター用途に適した織物材料としては、モノフィラメント織物、マルチフィラメント織物、ナイロンメッシュ、ポリエステルメッシュ、ポリプロピレンメッシュなどの織物濾材が挙げられる。織物は、例えば、メッシュフィルタープレスクロス、織物フィルターパッド及び他の型抜き片、遠心分離フィルターバッグ、液体フィルターバッグ、集塵機バッグ、ベッドドライヤーバッグ、回転ドラムフィルター、フィルターベルト、リーフフィルター、ロールメディアなどに使用することができる。

【0023】

いくつかの実施形態では、基材は、交絡又は絡み合ったショートカット繊維及び／又はフィラメントを含む構造を含み得る。本明細書で使用される場合、ショートカット繊維とは、有限の長さの繊維を意味する。本明細書で使用される場合、フィラメントとは、実質的に連続した長さを有する繊維を意味する。いくつかの実施形態では、基材は、ショートカット粗繊維、マイクロファイバー及び／又は微細繊維を含み得る。本明細書で使用する場合、「微細繊維」とは、1ミクロン未満の直径を有する繊維を意味し、「粗繊維」とは、10ミクロンより大きい直径を有する繊維を意味し、マイクロファイバーとは、10ミクロン未満の直径を有する合成繊維である。

特定の実施形態では、ナノ粒子は、基材内に「深さ方向に」分散される。本明細書で用される場合、「深さ方向に」という用語は、ナノ粒子が基材の第1の表面を越えて、ナノ粒子の少なくとも一部が第1の表面と反対側の第2の表面の間の基材又は媒体の内部構造中に配置されるように分散されることを意味する。特定の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から反対側の第2の表面まで、実質的に媒体全体に分散される。他の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から第1の表面と第2の表面の間の位置まで、媒体の一部に分散される。

【0024】

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、支持基材に対して空間内で三次元的に分布しており、これにより、不織布材料内の繊維表面積及び微小容積が増加し得る。三次元分布は又、不織布材料の特定の部分の完全な閉塞に対する耐性を提供し、これは、流体（例えば、空気及び他の気体）がフィルターを通過することを可能にし、それによってフィルターの総圧力損失を低減するので、濾材において特に有用である。

他の実施形態では、ナノ粒子は、高密度のナノ粒子が反対側の表面よりも一方の表面付近に配置されるように、又は高密度のナノ粒子が基材の中央部分と比較して表面に配置されるように、基材の厚さ方向に密度勾配を生じるように配置される。密度勾配は、実質的に直線的であってもよいし、一連の離散的な段階で減少してもよいし、又は勾配がランダム（すなわち、直線的でも段階的でもない一般的な密度の減少）であってもよい。この密度勾配は、フィルター（後述する通り）などの特定の用途に多くの有利な特徴を提供する。

【0025】

ナノ粒子は、任意の適切な材料、例えば、ガラス、生体溶解性ガラス、セラミック材料、アクリル、炭素、金属、例えば、アルミナ、ポリマー（例えば、ナイロン、ポリエチレンテレフタレート（polyethylene terephthalate）など）、ポリ塩化ビニル（PVC）、ポリオレフィン、ポリアセタール、ポリエステル、セルロースエーテル（cellulose ether）、ポリアルキレンスルフィド、ポリ（アリーレンオキシド）、ポリスルホン、変性ポリスルホンポリマー及びポリビニルアルコール、ポリアミド、ポリスチレン、ポリアクリロニトリル、ポリ塩化ビニリデン、ポリメチルメタクリレート、ポリフッ化ビニリデン、及びこれらの任意の組合せを含み得る。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、二成分セグメント化パイ及びアイランド・イン・ア・シーとして製造することができる。次に、サブミクロンフィラメントが得られるようにフィラメントを延伸する。連続フィラメントナノファイバーは、所望の長さ、好ましくは約100～約10000ミクロンで切断される。

【0026】

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、吸収剤及び吸着剤である。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は活性炭繊維又は活性炭粉末である。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、触媒粒子又は触媒繊維である。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、接着された不織布が入ってショートカット繊維が出てくるシュレッダー又は粉碎機又はエッジトリマー機にサブミクロン繊維不織布を供給することによって得ることができる。例えば、低質量のバイオコンポーネントメルトブローン又はナノメルトブローン繊維をシュレッダーに供給し、サブミクロンナノ粒子を得ることができる。

いくつかの実施形態では、異なるナノ粒子を混合してもよい。例えば、ナノファイバーとナノビーズを混合することができる。低融点ナノ粒子が高融点ナノファイバーのバインダーとして機能するように、融点の異なる2つの異なるナノファイバーを混合することもできる。同様に、直径及び長さの異なるナノ粒子を混合することもできる。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は環境的に持続可能な原料から選択される。ナノ粒子は、生体溶解性ガラスナノファイバー、生分解性ナノ粒子、堆肥化可能なナノ粒子、又はリサイクル可能な組成物を損なうことがある。

【0027】

異なる種類のナノ粒子を組み合わせることができる。ナノ粒子の一部は機能性ナノ粒子

10

20

30

40

50

とすることができる。例えば、機能性ナノ粒子は、不織布材料中の繊維に堆積及び／又は付着した活性炭及び／又は抗菌材料を含み得る。これにより、繊維のガス吸収効率及び細菌を死滅させる効果が向上し得る。又、開口シートにガラスと炭素のナノ粒子が堆積された複合製品は、濾材として濾過及び臭気除去の機能を提供する。

いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、機械的な絡み合いを介して基材に付着される。この機械的接着は、以下により詳細に論じるように、結合剤及び／又は接着剤で補うことができる。特定の実施形態では、ナノ粒子はクリンプされていない（すなわち、弛緩状態のナノ粒子に関連する有意な波状、屈曲、カール、コイル状のこぎり歯又は類似の形状を含まない）。他の実施形態では、ナノ粒子は、離散的な長さを有するクリンプ体構造を有し得る。例えば、離散的な長さを有するこれらのクリンプナノファイバーが基材に付着されると、それらはそれ自身で、又、基材と、基材上と、基材の周囲で絡み合う。他の実施形態では、基材へのナノファイバーの付着は、基材とナノ粒子の間の静電荷引力及び／又はファンデルワールス力を介して達成される。

10

【0028】

濾材内の深さ方向に分散されたナノ粒子を含む、エアフィルター、フェイスマスク、ガスタービン及びコンプレッサーの吸気フィルター、パネルフィルターなどの濾材及びフィルターも提供される。いくつかの実施形態では、フィルターは、濾材に接着された1以上の支持層を含む。支持層及び／又は濾材は、層内の深さ方向に分散されたナノ粒子を含み得る。いくつかの実施形態では、ナノ粒子がポリマー層内の深さ方向に配置された、気体又は液体を流すための1以上の開口部を含むポリマー層、膜又はフィルムが提供される。他の実施形態では、基材は、指用包帯パッド、フェイスマスクなどのための可撓性表面層を形成する不織布材料を含む。

20

本明細書では、複合材料及び複合材料を含む製品（例えば、ガスフィルター）を製造するためのシステム、装置及び方法が提供される。システム及び方法は又、（液体の代わりに）空気、ヘリウム、窒素、酸素、二酸化炭素などの気体媒体中で個々のナノ粒子を単独化するために提供され、気体流、エアロゾル、気化器、噴霧器、又は他の適切な送達機構を介して、別の製品、フィルム、層、又は基材に分散させることが可能である。

【0029】

以下の説明は、主に複合材料及び濾材に関して提示されているが、本明細書に開示される装置及び方法は、様々な他の用途における使用に容易に適合され得ることが理解されるべきである。例えば、本明細書で開示される複合材料は、家庭用クリーニング製品、屋根材及び床材製品、自動車の内装材及びヘッドライナー、再利用可能なバッグ、壁紙、濾過装置、断熱材などに有用であり得る。更に、単離及び生成された個々のナノ粒子は、例えば、ポリマー、食品包装、難燃剤、燃料電池、電池、コンデンサー、ナノセラミックス、照明、材料製造、製造方法、複合材料の補強、セメントその他の材料、医療診断用途、医療用治療装置又は療法、骨又は組織修復用足場などの組織工学、飲料水、工業用プロセス流体、食品及び飲料製品、製薬及び生物学的薬剤、組織イメージング、医療療法デリバリー、生分解性化合物などの環境用途などにおける様々なコーティング、複合材料及び／又は添加剤に利用することができる。

30

【0030】

図1を参照すると、複合フィルター部材114は、内部フィルター基材112及び1以上のフィルター支持部材又は膜110を含む。支持部材110は、ポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、ポリ乳酸フィルムなどのポリマーの押出シート、又は押出可能なフッ素樹脂材料などの熱可塑性ポリマー材料、複数の実施形態では、モノマーであるポリテトラフルオロエチレンとパーフルオロアルキルビニルエーテルから製造されるパーフルオロアルコキシアルカン（PFA）コポリマーから形成され得る。しかしながら、フッ素樹脂などの他のポリマー材料、例えば、エチレンクロロトリフルオロエチレン（ECTFE）；ポリフッ化ビニリデン（PVDF）のエチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）を使用してもよい。

40

特定の実施形態では、支持膜110は、膜110の深さ方向に分散された個々のナノ粒

50

子を含む。ナノ粒子は、支持膜がフィルター膜 114 を通過する汚染物質の少なくとも一部を、すなわち内部フィルター基材 112 によって提供される濾過に加えて、濾過することを可能にする。他の実施形態では、フィルター基材 112 及び／又は支持膜 110 は、そのようなナノ粒子を含む。

PFA などのフッ素樹脂材料は、半導体部品の洗浄を意図したフィルター、及び極度の清浄度が要求され、汚染の可能性が最小化される他の環境での使用に非常に望ましい。このような支持膜は、濾過される流体をその表面に沿って導くと同時に、流体を、構造を通して下層のフィルター基材に導き、濾液から望ましくない粒子を除去するように設計されている。

【0031】

図 2A 及び 2B に示されるように、支持膜 110 は、複数の開口部 128 を含み得る。開口部は好ましくは円形であるが、正方形、長方形、六角形、三角形などの他の形状も可能であることが認識されるであろう。基材は巻いてロールとし、その後、巻き戻し、パンチプレスを通して、所望の所定のパターンで Z 方向に貫通する開口 128 を形成することができる（図 2A）。或いは、シートをセットした後にパンチプレスによる連続操作に導き、所定のパターンの開口部 128 を形成することもできる。

図 2B を参照すると、開口後、フィルター支持部材は、両頭矢印 141 によって示されるように、機械方向に伸展させ、濾材又は基材 112 によって濾過される流体の通過のためにより大きな開口面積を提供するように開口部 128 を伸展させることができる。開口基材は、当技術分野で公知の任意の適切な方法を用いて作製することができる。このような複合濾材のより完全な説明は、PCT 出願第 US 2021/011217 号に見出すことができ、その全開示は、目的を問わず、参照によりその全体が本明細書の一部として援用される。

別の実施形態では、支持膜 110 は多孔性であってもよい（すなわち、開口部 128 を有する代わりに、又は有することに加えて）。この実施形態では、追加の流体の流れは、実質的に多孔性の支持膜で達成することができる。例示的な実施形態では、支持膜は、少なくとも 0.5 又は 50%、好ましくは少なくとも 0.8 又は 80%、より好ましくは約 0.86 又は 86% の多孔度を有する。多孔度は、材料の総体積に対する非固体又は細孔の体積分率として定義される。

【0032】

本フィルター用支持膜は、当業者に公知の任意の方法によって作製することができる。図 2A 及び図 2B に示される一例では、支持膜はリブを含む。例えば、支持膜は、ポリマー材料をシートの形態に押し出した後、対向するローラーによって設けられたニップ領域にシートを通すことによって作製することができる。これらのローラーの少なくとも 1 つは、外表にカウンターサンク溝を有する。一方のローラーのカウンターサンク溝は、ニップ領域で他方のローラーの外表又はカウンターサンク溝と一直線に並べられ、シートの少なくとも一方の表面から立ち上がったリブを有するリブ付きシートを形成する。或いは、リブは、押出工程又は公知のエンボス加工法の際に形成してもよい。リブが形成されると、支持膜を巻いてロールとし、その後、巻き戻し、プレスを通して所望の所定のパターンで Z 方向に貫通する開口部を形成することができる。或いは、図 2A に最もよく示されているように、支持膜をセットした後にパンチプレスによる連続操作に導き、所定のパターンの開口部を形成することもできる連続的にパンチプレスにかけて、所定のパターンの開口部を形成することもできる。任意選択により、支持膜を機械方向に伸展させ（図 2B の両頭矢印で示す）、例えばフィルター層又は基材によって濾過される流体の通過のためにより大きな開口面積を提供するように開口部を伸展させることができる。

【0033】

図 3A ～ 図 3E は、複合材料の基材として使用できる開口フィルムのいくつかの例を示す。開口部は、1 以上の形状を有する様々なパターンで設けることができる。複数の種類のシートを組み合わせることができ、1 以上の層を使用してもよい。異なる材料のシートを組み合わせることもできる。開口ポリマーシートは、例えば、濾材の支持体を提供する

10

20

30

40

50

ことができ、又は必要な構造支持体を提供するために別の層を付着させてもよい。特定の実施形態では、基材は、開口部、細孔又は穿孔を含む薄膜又は層に含まれていてもよい。開口部をパターン（円形、菱形、六角形、楕円形、三角形、長方形など）でエンボス加工した後、エンボス加工によって作出された薄くなった領域に開口部が形成されるまで延伸してもよい。このような開口基材は、ポリプロピレン、ポリエチレン、高密度ポリエチレン（「HDPE」）などの多くのポリマーから形成することができる。ポリマー層は、例えば、押出フィルムを含み得る。開口フィルムは市販されており、デルネット（登録商標）の商標で販売されている。基材はロールで提供され、ナノファイバーはロール・ツー・ロール法で基材に堆積される。図3A～3Eは、本明細書に記載の方法で形成され得る開口フィルムの例を示す。

10

【0034】

特定の実施形態では、複合材料は開口シート基材から形成され、ナノ粒子は開口シート中に堆積される。基材は、第1の表面と、第1の表面と反対側の第2の表面、及び第1の表面と第2の表面の間に画定された幅又は厚さを有する。特定の実施形態で、ナノ粒子は、第1の表面を通して基材に堆積されている。ナノ粒子は、第1の表面を通して、基材の第1の表面と第2の表面の間に「深さ方向に」浸透する。いくつかの実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から、第1の表面と第2の表面の間の幅又は厚さの少なくとも25%、又はより好ましくは厚さの少なくとも約50%に浸透する。他の実施形態では、ナノ粒子は、第1の表面から第2の表面まで実質的に基材全体に浸透する。

ナノ粒子は好ましくは、基材中に分散させる前に、分解され、分離され、互いに単独化された個々のナノ粒子を含む（図23Bに示す通り）。従って、ナノ粒子は複合製品中に層状に存在せず、ナノファイバーの有意な塊又は束を有さない（図23Aに示す通り）。これにより、基材全体により大きなナノ粒子の分散がもたらされ、ガスフィルターなどのいくつかの用途では、汚染物質を濾過するためのより効率的な濾過能力が提供される。更に、これにより、材料内のナノ粒子の面積密度（グラム毎平方メートル（gsm））、すなわち「添加量」がより大きい複合材料が得られる。「添加量」という用語は、本明細書では、材料の薄い層、シート又はフィルム中の材料、繊維又は粒子の面積密度（gsm）を意味して使用される。

20

【0035】

特定の実施形態では、ナノ粒子は、約0.1グラム/m²～約20グラム/m²、好ましくは少なくとも約2.0グラム/m²の添加量を含み得る。具体的な添加量又は面積密度は用途によって異なり得る。例えば、出願人は、面積密度又は添加量が高いほど汚染物質を濾過する際の不織布材料の効率が高まることを見出した。従って、ナノ粒子の具体的な添加量は、濾材の所望の効率によって異なり得る。

30

特定の実施形態では、複合材料は、基材と、基材の全幅に浸透する及びナノ粒子を含む。特定の実施形態では、ナノ粒子は、実質的に基材全体に分散されている。特定の実施形態では、第1の表面に位置するナノ粒子の密度は、基材の中央部分内に分散したナノ粒子の密度の50%未満異なる。いくつかの実施形態では、この差は25%未満、好ましくは10%未満である。特定の実施形態では、基材の中央部分内に分散した個々のナノ粒子の量又は数は、第1の表面又はその近傍に分散した個々のナノ粒子の量の少なくとも約50%、好ましくは少なくとも約75%、より好ましくは少なくとも約90%である。他の実施形態では、ナノ粒子14は、第1の表面から第2の表面まで密度勾配を生じるように配置される。

40

企図されるナノ粒子は、限定されるものではないが、エアレイド法、スピナレット、ゲル紡糸、溶融紡糸、湿式紡糸、乾式紡糸、アイランド・イン・ア・シーステーブル又はスパンボンド、セグメント化パイステープル又はスパンボンドその他を含む任意の方法によって製造することができる。このような方法は、米国特許第4,406,950号、第6,338,814号、第6,616,435号、第6,861,142号、第7,252,493号、第7,300,272号、第7,309,430号、第7,422,071号、第7,431,869号、第7,504,348号、第7,774,077号、第9

50

、522、357号、第9、993、761号及び米国特許公開第2009／266、759号に記載され、これらの全開示は、目的を問わず、参照により本明細書の一部として援用される。

【0036】

図4は、第1の表面242及び第1の表面と反対側の第2の表面244を有する第1の基材240を含む二重層濾材を示す。第2の基材250は、第1の表面252及び第1の表面と反対側の第2の表面254を有する。基材240の第2の表面244は、当業者の公知の任意の方法で第1の基材の第2の表面254に接着される。基材は、ポリマーシート、不織布材料、ニット、織物、メッシュなどを含み得る。例えば、第1の基材240は開口ポリマーシートを含むことができ、第2の基材250はマイクロファイバーの不織布材料を含むことができる。別の例では、第1の基材240は、比較的小さい線密度、例えば3デニール以下のオーダーの繊維246を含み、第2の基材250は、比較的大きい線密度、例えば3デニール以上のオーダー、例えば5デニール、6デニール以上のオーダーの繊維256を含む。基材の一方又は両方は、全体に分散し、基材に接着され、及び／又は基材によって保持された個々のナノ粒子（示されていない）を含む。特定の実施形態における二重層複合材料は、不織布基材から形成された複合材料に付着された、上記のポリマーシートを使用して形成することができ、一方又は両方の基材は、それに付着し、1又は複数の基材の深さ方向に堆積したナノ粒子を有する。

10

第1の基材240は、主として繊維46で汚染物質を濾過するように構成されているが、前述のように、第1の基材240はナノ粒子も含み得る。第2の基材250は、繊維256とナノ粒子の両方で汚染物質を濾過するように構成されている。

20

【0037】

いくつかの実施形態では、基材は、銀、亜鉛、銅、有機ケイ素(organosilicone)、トリブチルスズ、塩素、臭素又はフッ素化合物を含む有機化合物などの抗菌及び／又は抗ウイルス組成物などの添加剤を損なうことがある。

特定の実施形態では、複合材料（すなわち、基材及び／又はナノ粒子）は、例えば、汚染物質が機械的濾過及び静電濾過の両方で捕捉されるように、静電氣的に帯電させることができる。基材とナノ粒子の間の接着は、ナノ粒子、基材又はその両方を静電氣的に帯電させることによって強化することもできる。例えば、特定の実施形態では、基材は、ナノ粒子によって機械的濾過が達成できると共に、エレクトレット基材によって静電濾過が達成できるように静電氣的に帯電される。

30

【0038】

基材、ナノ粒子、又はその両方を、摩擦帯電法、コロナ放電、静電繊維紡糸、ハイドロ帯電、帯電バー又は他の既知の方法を用いて静電氣的に帯電させることができる。コロナ帯電は、モノポリマー繊維若しくは繊維混合物、又は布を帯電させるのに適切である。摩擦帯電は、電気陰性度が異なる繊維を帯電させるのに適切であり得る。静電繊維紡糸は、ポリマーの帯電と繊維の紡糸を一段階工程として組み合わせたものである。摩擦帯電のための1つの好適な方法は、米国特許第9、074、301号に記載されており、その全開示は、目的を問わず、参照により本明細書の一部として援用される。

ナノ粒子は、粒子の除去を強化するために摩擦帯電効果を使用することを目的に、基材に対して異なる摩擦帯電特性を有するものを選択することができる。この方法では、生成されたナノ粒子は電場中で形成され、摩擦電気効果を緩和する可能性のある化学物質による汚染を受けにくい。

40

【0039】

複合材料は、ナノ粒子が基材に付着し得るか、そうでなければ基材によって基材内に保持されて安定なマトリックスが形成され得るように、ナノ粒子の付着及び／又は基材内でのナノ粒子の保持を促進するために、接着剤又はバインダーなどの結合剤又は結合材料を含んでよい。結合剤又は結合材料は、個々のナノ粒子を基材に接着させるために、比較的少量存在することが好ましい。

結合剤は、デンプン、デキストリン、グアーガムなどの天然系材料、又はEVA、PV

50

A、PVOH、SBR、ポリグリコリドなどの合成樹脂を含む様々な従来の材料を含み得る。特定の実施形態では、溶媒系接着剤が使用され、溶媒蒸発時に接着が起こる。

好ましい一実施形態では、結合剤又は結合材料は、デキストリンを含む。更に別の実施形態では、結合剤は、水、2-ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウリンオキシド及び水酸化アンモニウムなどの様々な物質の組成物を含む。更に別の実施形態では、結合剤は、少なくともPVOHを含む。結合剤は、溶液、エマルジョン、懸濁液、ホットメルト、硬化性、ニート、及び／又はこれらの組合せであり得る。

【0040】

いくつかの実施形態では、接着性樹脂が使用され、接着性樹脂は、基材上に接着剤を塗布した後に架橋を受け得る。接着性（耐水性／耐溶媒性）は、接着剤配合物中の溶媒が蒸発する際の自己架橋によって、又は乾燥工程中の熱活性化によって促進され得る。特定の接着剤の場合、架橋は、限定されるものではないが、RF、UV、又は電子ビームを含む高エネルギー波長の電磁放射線によって達成することができる。接着剤の量は、スプレーコーター140のノズルサイズを調整するか、又は接着剤組成物の流量を制御することによって制御することができる。結合剤は、スプレーノズル、ディップコーティング又は他の方法を用いて施すことができる。

いくつかの実施形態では、結合剤又は結合材料は、結合剤の表面張力又は界面張力を低下させるために界面活性剤を含むことができ、それによってその分散特性及び湿潤特性を高め、結合剤が基材の深さ方向により容易に浸透することを可能にする。本明細書に開示される接着剤と共に使用するのに適した界面活性剤としては、非イオン性、陰イオン性、陽イオン性、及び両性界面活性剤、例えば、ステアリン酸ナトリウム、4-(5-ドデシル)ベンゼンスルホネート、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム湿潤剤、ドキュセート（スルホコハク酸ジオクチルナトリウム）、アルキルエーテルホスフェート、塩化ベンザルコニウム（BAC）、ペルフルオロオクタンスルホネート（PFOS）などが挙げられる。

いくつかの実施形態では、基材は、それ自体の結合剤組成物を含む。これらの実施形態では、結合剤又は結合材料は、基材に添加されてもよく、又は添加されなくてもよい。このような実施形態の1つでは、基材はバイオコンポーネント繊維を含み、成分の1つは、更に後述するように、内芯を少なくとも部分的に取り囲む外鞘を含む。

【0041】

図22Aは、結合剤材料を使用せずにその中にナノ粒子を堆積させた複合製品の拡大画像である。図22Bは、デキストリンと水の結合剤材料を使用してナノ粒子を繊維に付着させた複合製品の拡大画像である。示されるように、ナノ粒子は結合剤を使用すると、基材により均一に付着する。

図22Aは、基材の表面のみに層状に堆積され、ナノファイバーを保持するために静電気力に頼る、生体溶解性ガラスナノファイバーを有する基材を示す。図22Aには、ナノファイバーの塊状化とナノファイバーの保持不良が見て取れる。基材は、ポリマーシート、ニット、織物、メッシュ、又は不織布材料であり得る。基材として1以上のポリマーシートを有する複合材料は、更なる実施形態において、上述した材料を使用してナノ粒子を保持するために使用される結合剤材料を含み得る。

更なる例では、本明細書に開示される結合剤材料のいずれかを使用することができる。更に、生体溶解性ガラスのナノ粒子が基材の深さ方向に堆積されている。この例では、基材自体が4～10の範囲のMERV評価を有し、これは本明細書に記載される方法のいずれかを用いて達成することができる。ナノ粒子が基材の深さ方向に堆積し、静電荷を持つことで、もともと8のMERVを持つ基材を使用して、一例では13のMERVを持つ複合製品を製造されている。別の例では、もともと6のMERVを持つ基材を使用して、15のMERVを持つ複合製品が製造されている。基材はロールで提供され、本明細書に記載された工程及び方法のいずれかのようなロール・ツー・ロール連続工程で、複合製品を商業規模で製造することができる。一例では、ロール・ツー・ロール工程は毎分914．

10

20

30

40

50

4センチ（30フィート）で運転された。

【0042】

特定の実施形態では、本明細書で述べられる複合材料は、液体フィルター、家庭用及び業務用空気濾過用のガスフィルター、外科用マスク又は他の顔面カバーなどの、汚染物質を捕捉又は吸収するフィルター装置の一部として含まれ得る。フィルター装置は、メカニカルフィルター、吸収フィルター、隔離フィルター、イオン交換フィルター、逆浸透フィルター、表面フィルター、デプスフィルターなどであってもよく、空気、水などから多くの異なる種類の汚染物質を除去するように設計することができる。

このような一実施形態では、複合材料は、HEPAフィルター（すなわち、プリーツ加工メカニカルエアフィルター）、UV光フィルター、静電フィルター、洗浄可能フィルター、メディアフィルター、スパンガラスフィルター、プリーツ加工又は非プリーツ加工エアフィルター、活性炭フィルター、ポケットフィルター、Vバンクコンパクトフィルター、フィルターシート、フラットセルフィルター、フィルターカートリッジなど、空気から粒子及び汚染物質を除去するエアフィルターに組み込まれる。複合材料は、エアフィルター用の濾材を含んでもよく、支持層、スクリム層によって支持されていてもよく、又は他の層若しくは材料に含まれていてもよい。出願人は、本明細書で述べられるような複合材料の深さ方向にナノ粒子を組み込むことにより、フィルターの圧力損失（すなわち、空気流）などの他の要因を損なうことなく、エアフィルターの効率が実質的に高まることを発見した。更に、これらの材料は、特に、効率を高めるために静電効果にのみに、又は主として静電効果に頼るフィルターと比較して、全体的な塵埃保持能力、ひいてはフィルターの寿命を向上させる。

【0043】

従来の家庭用及び業務用エアフィルターは、一般に、約0.3～10ミクロンの粒子を捕捉するフィルターの能力によって評価される。この評価は、最小効率報告値すなわちMERVと呼ばれ、米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE）によって開発されたものである。MERV評価は1～16の範囲で、数値が高いほど特定の種類の粒子を捕捉する効率が高いことを示す。従来のメカニカルエアフィルターでは、一般に、濾材のMERV評価は約8と報告されている。

エアフィルターは、一般に、初期効率（すなわち、使用前のエアフィルターの効率）とそれらの経時使用効率に基づいて評価される。この後者の効率は、一般に、ASHRAE規格52.2付録Jと呼ばれる調整ステップを通じて試験される。

本明細書で提供されるエアフィルターは、約10を超える初期MERV評価と、水約1.27センチ（0.5インチ）未満の圧力損失とを有する。場合によっては、初期MERV評価は約11、圧力損失は水約0.4318センチ（0.17インチ）水以下であるか、又は初期MERV評価は約13、圧力損失は水約0.9144センチ（0.36インチ）以下であるか、又は初期MERV評価は約14、圧力損失は水約1.27センチ（0.5インチ）以下である。

【0044】

本明細書で提供されるガスフィルターは、ガスフィルターがASHRAE規格52.2付録Jで調整された後、10以上のMERV評価を有する。いくつかの実施形態では、MERV評価は、ガスフィルターがASHRAE規格52.2、ISO規格16890、又は業界の他のいずれかの許容可能な規格で調整された後に13以上である。

本明細書で述べられる濾材のMERV評価は、濾材に使用される繊維の種類及びサイズ、濾材内の個々のナノ粒子の密度、濾材の幅、プリーツ（ある場合）の数及びサイズなどを含む多くの要因に基づいて変化する。MERV評価は、プリーツ加工濾材として形成された複合製品だけでなく、複合製品のシートについても測定することができ、それぞれの圧力損失は異なり得る。同様に、濾材の圧力損失も、上述したものを含む多くの要因に依存する。

【0045】

MERV評価と圧力損失の両方に影響を与える1つの要因は、基材内の繊維の密度に対

する基材内のナノ粒子の密度又は添加量である。特定の実施形態では、本明細書に記載の濾材は、約 $0.1 \text{ g/m}^2 \sim 20 \text{ g/m}^2$ 、好ましくは少なくとも約 2 g/m^2 のナノ粒子面積密度を有する。

フィルターの効率又はMERV評価は、ナノ粒子の添加量が高くなるほど高くなる。特に、出願人は、例えば、少なくとも 2 g/m^2 の添加量で、MERV評価が約10のフィルターが達成できることを発見した。4又は 6 g/m^2 の添加量では、MERV評価がそれぞれ約12及び13のフィルターが得られる。 10 g/m^2 以上の添加量では、MERV評価が15以上のフィルターが得られる。

【0046】

ブリーツ加工濾材390の一例を図5に示す。フィルター390は、用途によって約0～3.9ブリーツ/センチ（約0～10ブリーツ/インチ）を含み得る。濾材は、厚紙又は金属枠に取り付け、簡単に交換できるフィルター製品として使用できる（図6）。示されるように、本明細書に記載の複合材料で製造されたガスフィルター394は、ブリーツ加工濾材396及び濾材396に剛性と構造を与える支持層398を含む。

図7は、本明細書に記載の複合材料で製造されたガスフィルター309を示す。ガスフィルター309は、基材及び基材の深さ方向に分散されたナノ粒子を含む。次に、基材を巻いて円柱、円錐又は他の適切な形状とし、ガスタービン及びコンプレッサの吸気フィルター、パネルフィルターなどの用途に使用することができる。

本明細書に開示される複合材料を用いて開発され得る他の種類のフィルターとしては、円錐形フィルターカートリッジ、角型エンドキャップフィルターカートリッジ、ポケットフィルター、Vバンクコンパクトフィルター、パネルフィルター、フラットセルフィルター、ブリーツ加工又は非ブリーツ加工バッグカートリッジフィルターなどが挙げられる。

【0047】

本明細書に開示される複合製品は、医療用マスク、又はレスピレータのカートリッジなどの他の医療用途に使用することができる。医療用マスクは、医療従事者及び／又は患者を微生物及び他の物質から保護するように設計される。例えば、医療用マスクは、例えば約3ミクロンの寸法を有し得る細菌、並びに例えば約 0.1 μm の寸法を有し得るウイルスを遮断することができる。マスクは複数層の複合材料を用いて作製され、マスクを人の顔に取り付けるための耳輪、紐又は他の構造を持つ。層の一部に、不織布基材、ポリマーシート又は層などを有する複合材料を含めることができる。マスクの少なくとも上部に、少なくともその部分が人の顔に適合するようにワイヤを組み込むことができる。マスクは、多層複合材料を人の顔の前面に保持するように設計された剛性ポリマー構造を含むことができる。一例では、マスクは3層を有する。外層と内層は、通気性を提供するспанbondポリプロピレンなどの不織布材料を含むが、本明細書で言及した材料のいずれも使用可能である。中間層は、内層と外層の間に配置され、8以上の初期MERV、好ましくは10以上のMERV、より好ましくは13以上のMERVを提供するためにナノ粒子が基材の深さ方向に堆積されたポリマー開口シート基材を含む。マスクを通過する圧力損失は水3～6mmであり、より好ましくは、通気性のために水4mmである。マスクとしては約95%の効率を有することが望ましい。マスクの他の例は4層以上を有する。複合製品の複数の層を1つのマスクに組み合わせることもできる。

【0048】

図8は、上記の複合材料及び他の製品を製造するための全体的なシステム410を概略的に示している。示されるように、システム410は、ポリマーシート又は他の材料などの基材430を製造工程中に前進させるための供給装置420を含む。システム400は更に、コーター440、繊維化システム450、並びに加熱及び／又は乾燥装置460を含む。特定の実施形態では、システム400は、繊維化システム450と反対側の基材430の下にある真空又は他の負圧源470を更に含む。

一実施形態では、供給装置420は、工程の下流端に巻取機424及び上流端に巻戻し機422を含み、これによりシステム400を通して基材430を連続的に巻き取る。特定の実施形態では、供給装置420は、基材430がシステム400を通して下流に移動

する際に基材 430 を支持するために巻取機間に延在する支持面（示されていない）を更に含み得る。他の実施形態では、基材は、別の支持面なしで、巻戻し機 422 から巻取機 424 に直接巻き戻される。

【0049】

コーター 440 は、ナノ粒子が基材 430 に付着して安定なマトリックスを形成できるように、接着剤又は他のバインダーなどの結合剤又は結合材料の液滴を基材 430 に噴霧するように構成される。結合剤は、個々のナノ粒子を基材 430 全体の繊維に接着させるために、比較的少量で存在することが好ましい。好ましい実施形態では、コーター 440 は、基材 430 を通る接着剤の浸透深度を増加させるために、約 20 ～ 30 ミクロンの直径を有する接着剤の液滴を生成するような大きさのスプレーノズルを含む。当然のことながら、液滴サイズは、空気圧、空気の体積、空気の温度、湿度、スプレーホーンの設計、接着剤のレオロジー／粘度、キャリアなどを含む多数の他のパラメーターによって影響され得る。

当然のことながら、結合剤又は結合材料で基材をコーティングすることは、超音波噴霧、ディップコーティング、スピンコーティング、グラビアコーティング、キスロールコーティング、スクリーンコーティング、パウダーコーティング、静電コーティング、スパッタコーティング、又は類似のコーティング技術を含む他のコーティング方法で達成され得ることが認識されるであろう。

【0050】

上述したように、結合剤は、デンプン、デキストリン、グアーガムなどの天然系材料、又は EVA、PVA、PVOH、SBR などの合成樹脂を含む、様々な従来の材料を含み得る。特定の実施形態では、溶媒蒸発時に接着が起こる溶媒系接着剤が使用される。

好ましい一実施形態では、結合剤は、デキストリンを含む。別の実施形態では、結合剤は、水、2-ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウラミンオキシド及び水酸化アンモニウムなどの様々な物質の組成物を含む。更に別の実施形態では、結合剤は、PVOH を含む。結合剤は、溶液、エマルション、懸濁液、ホットメルト、硬化性、ニート、及び／又はこれらの組合せであり得る。

【0051】

いくつかの実施形態では、接着剤樹脂が使用され、接着剤樹脂は、基材 430 への接着剤のコーティングの後に架橋を受ける場合がある。接着（耐水性／耐溶媒性）は、接着剤配合物中の溶媒が蒸発する際の自己架橋によって、又は乾燥工程中の熱活性化によって促進され得る。特定の接着剤の場合、架橋は、限定されるものではないが、RF、UV、又は電子ビームを含む高エネルギー波長の電磁放射線によって達成することができる。接着剤の量は、スプレーコーター 440 のノズルサイズを調整するか、又は接着剤組成物の流量を制御することによって制御することができる。

いくつかの実施形態では、結合剤は、結合剤の表面張力又は界面張力を低下させるために界面活性剤を含むことができ、それによってその分散特性及び湿潤特性を高め、結合剤が基材の深さ方向により容易に浸透することを可能にする。本明細書に開示される結合剤と共に使用するのに適した界面活性剤としては、非イオン性、陰イオン性、陽イオン性、及び両性界面活性剤、例えば、ステアリン酸ナトリウム、4-（5-ドデシル）ベンゼンスルホネート、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム湿潤剤、ドキュセート（スルホコハク酸ジオクチルナトリウム）、アルキルエーテルホスフェート、塩化ベンザルコニウム（BAC）、ペルフルオロオクタンスルホネート（PFOS）などが挙げられる。

【0052】

いくつかの実施形態では、スプレーコーター 440 は、ナノ粒子が堆積される前に結合剤が噴霧されるように、繊維化システム 450 の上流に配置される。他の実施形態では、スプレーコーター 440 は、ナノ粒子堆積後に結合剤を噴霧できるように、繊維化システム 450 の下流に配置される。他の実施形態では、システム 400 は 2 つのスプレーコーティングを含み、1 つは繊維化システム 450 の上流に位置し、第 2 のスプレーコーター（示されていない）は繊維化システム 450 の下流に位置し、ナノ粒子の堆積後に二次結

合剤で基材 430 をコーティングする。

いくつかの実施形態では、2 つ以上のノズルヘッドが各スプレーコーター 440 と共にある。ノズルヘッドは、例えば、より良好な均一性を得るために、又は繊維の噴霧幅を広げるために、直列に配置されてもよい。或いは、ノズルヘッドは、結合剤が基材の幅全体にわたってコーティングされることを確実にするために、並列に、すなわち基材の幅にわたって配置されてもよい。いくつかの実施形態では、基材は、それ自体の結合剤組成物を含む。これらの実施形態では、結合剤が基材に添加されてもよいし、添加されなくてもよい。基材に組み込まれた結合材料は、基材に噴霧される他の結合材料と併用することができる。

【0053】

好ましい実施形態では、負圧源又は真空源が、結合剤の浸透深度及び均一性を高めるために、スプレーコーター 440 の反対側の基材の下に配置される。負圧源は、吸引ポンプなどの、基材を通して結合剤を引き込む任意の適切な吸引装置であり得る。

基材は、ナノ粒子に接着する材料を含み得る。例えば、基材は、加熱及び／又は乾燥時に粘着性及び／又は流動性となる材料を含み得る。加熱／乾燥工程の間、基材は、ナノ粒子を基材に接着するために、粘着性及び／又は流動性となるまでその融点まで加熱される。好ましい実施形態では、接着と乾燥は乾燥装置 460 内で同時に行われる。

【0054】

図 9 は、ナノファイバーの塊又はクラスターを個々のナノ粒子に変換するための繊維化システム 450 を概略的に示す。「繊維化」という用語は、本明細書で使用する場合、互いに絡み合っているいなくてもよいナノ粒子のクラスター、塊又は他の群を、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満である個々のナノ粒子に変換する（例えば、開放する、分離する、単独化する、及び／又は個々に分離する）ことを意味する。図 10A ~ 10C は、絡み合ったナノファイバーのマクロクラスター（図 10A）、絡み合ったナノファイバーの小さなクラスター（図 10B）、及び個々のナノ粒子（図 10C）の例を示す。

示されるように、繊維化システム 450 は、ナノ粒子（図 10A 参照）の大きな又はマクロクラスター／塊をシステム 450 に導入するための、ホッパーなどの供給装置 500 を含む。供給装置 500 は、当業者に公知の任意の適切なホッパー装置を含んでよく、好ましくは、粒子のマクロクラスターを、下流の繊維化速度に依存する特定の速度でその工程に導入するように構成される。ナノ粒子は、特定の速度で連続的に導入してもよいし、又は特定の速度で間隔をおいて導入してもよい。束になったナノ粒子のマクロクラスターは、供給装置 500 に導入する前に分解してもよい。

ナノ粒子は、多くの異なる形態で繊維化装置 450 に導入され得ることを認識されたい。例えば、未加工のナノファイバーは、長く分離した繊維として製造することができる。この形態では、ナノファイバーは、所望の長さ／直径比を得るために切断してもよい。

【0055】

システム 450 は、ナノ粒子のマクロクラスター／塊をナノ粒子のより小さなクラスター／塊に分離又は分解するためのブレンダーなどの分離器 510 を更に含む（図 10B 参照）。供給装置 500 は、定常連続状態で、任意の機械的手段によってナノファイバーを分離器 510 に移送する。移送速度は、供給装置 420 に沿った基材 430 の速度、ナノ粒子の繊維化速度など、様々な要因に依存する。分離器 510 に落下するナノ粒子の量を制御することで、基材に分散されるナノ粒子の量を制御して連続的な製造工程を作り出すことができる。

一実施形態では、分離器 510 は、供給装置 500 に連結された第 1 の開口部 514 及び下流工程に連結された第 2 の開口部 516 を有するハウジング 512 を含む。第 2 の開口部 516 は好ましくは、あるサイズを有するナノファイバーのクラスターのみが通過できるようなサイズとされる。分離器 510 は、ナノファイバーの粗いクラスターを分離及び開放するために、ハウジング 512 内で垂直軸の周りを回転するように設計された複数の回転可能なブレード（示されていない）を含んでもよい。ブレードは、第 1 の開口部 514 から第 2 の開口部 516 へと通過する際に、絡み合った繊維を順次分解又は「開放」

10

20

30

40

50

できるように、同じ又は異なるピッチ及びキャンバーを有し得る。

【0056】

繊維化システム450は、分離器510からノズル520までシステム全体に延びる気体の流れを更に含む（以下でより詳細に述べる）。気体の流れは（後述する一連のポンプを伴う）、システム450中でナノファイバーを移動させる動力を提供する。一実施形態では、気体の流れは、システムに圧縮空気を供給するように構成されたエアコンプレッサー530を用いて作り出されるが、システム450中にナノファイバーを移動させるために他の形態の気体を使用してもよいことが認識されるであろう。

システム450は、ナノファイバーのクラスター、ひいては個々のナノ粒子をシステム中で移動させるための1以上のポンプを含む。ポンプは、容積式、遠心式、軸流式など、任意の適切なポンプを含み得る。一実施形態では、第1のポンプ540は、第1の流離542によってエアコンプレッサー530に流体連結された第1の入口と、第2の流離544によって分離器510に流体連結された第2の入口とを含む。圧縮空気が第1のポンプ540に引き込まれ、これにより負圧（例えば、真空）が生じ、ナノファイバーのクラスターが分離器510からポンプに引き込まれる（以下により詳細に述べる）。システム550は、第1のポンプ540の出口にそれぞれ流体連結された第2及び第3のポンプ550、560を更に含み得る。同様の様式で、第2及び第3のポンプ550、560は、第3の流路552を通してナノファイバーのクラスターを引き込む負圧を作り出す。

【0057】

特定の実施形態では、ポンプ540は、排出装置600を含む。図11に示すように、排出装置600はそれぞれ、流路608を介して出口606に連結された動力流体入口(motive fluid inlet)602及びナノファイバー入口604を含む。流路608は、収束入口ノズル610、ディフューザスロット612及び発散出口ディフューザ614を含む。高圧で低速の空気は低圧で高速の空気に変換され、吸引に必要な圧力差が生じる。ベンチュリー効果とベルヌーイの原理に基づき、一次流体媒体（例えば、圧縮空気）を使用して真空を作り出してナノファイバーを排出装置600に引き込み、出口606から排出する。排出装置600の直径は、圧縮空気の体積流量、吸引要件、圧力損失、及び圧縮空気の流体圧力に依存する。

図9に戻って、第3の流路552は、第3の流路552を2つの別個の流路に分割する接合部554を含み、これらの流路はそれぞれ第2及び第3のポンプ550、560につながる。接合部554は好ましくは、第3の流路552に対して実質的に垂直に配置されてT字型の交点を形成する表面又は壁を含む。ナノファイバーのクラスターが第3の流路552を通して移動すると、ナノファイバークラスターは、第2及び第3のポンプ550、560によって加えられる負圧によって、この表面又は壁に対して推進される。接合部554に対するナノファイバーのこの速度は、ナノファイバークラスターの少なくとも一部をより小さなナノファイバークラスターに、及び／又は少なくとも1つの寸法が1ミクロン未満である個々のナノ粒子に分解させるのに十分な運動エネルギーを有する衝突を生じさせる。

【0058】

ナノファイバーのクラスターを分解するのに必要な運動エネルギーを作り出すために、空気は、約152.4メートル（500フィート）／分（fpm）～約3048メートル（10,000フィート）／分、好ましくは約609.6メートル／分（2,000fpm）から約1828.8メートル／分（6,000fpm）の速度でシステム450に推進される。システム450は、十分な量の吸引圧、好ましくは少なくとも約20psiを含む。この吸引圧により、システム全体に少なくとも約100psiの圧力が生み出される。

特定の実施形態では、システム450は、第2及び第3のポンプ550、560の出口を反応器570に連結する第4及び第5の流路562、564を更に含む。図12に示すように、反応器570は、上面572、底面574、及び上面572から底面574まで延在する内部環状チャンバー576を含む。反応器570は、開口した上部入口578及

び出口 580 を有する中央管 575 を更に含む。反応器 570 は、1 以上の上部出口 582 を更に含み得る。反応器 570 は、環状チャンバー 576 内に旋回ガスの渦を生じるように構成されたエネルギー源（示されていない）に連結することができる。エネルギー源は、ポンプ、圧縮機、発電機などの任意の適切なエネルギー源を含み得る。旋回ガスは、好ましくは、中央管 575 の周りを反応器 570 の底部から頂部に向かって流れ、ナノファイバーのクラスター及び個々のナノ粒子を底面 575 から上面 572 に向かって上方に移動させる。

【0059】

別の実施形態では、渦は別のエネルギー源を用いずに形成される。この実施形態では、ナノファイバーのクラスター 590 及び個々のナノ粒子 592 は、底部入口 584、585、586、587 を通って反応器 570 に入る。入口 584、585、586、587 は、中央管 575 の周りのナノファイバー及びナノ粒子の移動を容易にするために上向きに角度が付けられている。好ましい実施形態では、入口 584、585、586、587 の少なくとも 1 以上は、ナノファイバー及びナノ粒子が中央管 575 に対して実質的に接線方向になるように反応器 570 に入るような角度が付けられている。ナノファイバー及びナノ粒子が環状チャンバー 576 に入ると、それらの速度ベクトル（速度及び方向）は、反応器 570 内で渦を生じ、その渦がナノファイバー及びナノ粒子を中央管 575 の周囲で旋回させ、チャンバー 576 の上部へと上昇させる。旋回ガスは、好ましくは、中央管 575 の周りを反応器 570 の下部から上部に向かって流れ、ナノファイバーのクラスター及び個々のナノ粒子を底面 575 から上面 572 に向かって上方に移動させる。中断することなく、ナノファイバー 590 及びナノ粒子 592 は、反応器の底部から上部に向かって吹き上げられる。チャンバー 576 内の渦は、ナノファイバーのクラスター 590 が反応器 570 を通過する際にそれらを更に分解（例えば、開放、分離及び／又は個々に分離）し得る。

いくつかの実施形態では、反応器 570 は又、環状チャンバー 576 内に旋回ガスの渦を形成するように構成されたエネルギー源（示されていない）にも連結され得る。エネルギー源は、ポンプ、圧縮機、発電機などの任意の適切なエネルギー源を含み得る。

【0060】

システム 410 は、上部出口 582 に連結された別のポンプ又は負圧源（例えば、図 13 参照）を更に含み得る。この負圧は、繊維 590 が反応器 570 から出るように、出口 582 から繊維を引き込む。個々のナノ粒子 592 は、まだ一緒にクラスターを形成している絡み合ったナノファイバー 590 よりもかなり軽いので、これらの個々のナノ粒子 592 は、中央管 575 の上部入口 578 に引き込まれる。一方、まだ分解されていない大きくて重いナノファイバーのクラスター 590 は、上部出口 584 から引き込まれる。上部出口 584 は、他のポンプ（示されていない）、又は第 1 のポンプ 540 に連結してもよい。このようにして、ナノファイバーのクラスター 590 は、更に分解されるように再び工程に送られ、残りのナノファイバークラスターを更に分解するための再供給システムを形成する。

中央管 575 の出口 580 は、ノズル 220 に連結されている（図 9 参照）。個々のナノ粒子はノズル 520 に引き込まれ、そこで基材の表面上又は繊維流（後述）に分散される。ノズル 520 は、当業者に公知の任意の適切なノズルを含み得る。一実施形態では、ノズル 520 は、ノズル 520 の下を通過する基材のサイズ（すなわち、面積）に合わせた外寸を有する複数の出口を有する。ノズル 520 は、システムの圧力によって駆動される速度でナノ粒子を基材上に分散させる。

【0061】

特定の実施形態では、システム 400 は、反応器 570 の出口 580 に連結された 2 つ以上のノズルを含む。ノズルは、基材上に、例えば、並列、直列、平行といった任意の適切な形態で配置され得る。

ポンプ 540、又はポンプ 550、560 は、ナノファイバー／空気混合物流をノズル 520 に直接供給してもよい（すなわち、反応器 570 を迂回する）ことが認識されるで

あろう。この実施形態では、システム内の圧力は、ナノ粒子を繊維の大きなクラスターから分離するために反応器 570 が必要とされないように、実質的に全てのナノファイバーを個々のナノ粒子に分解又は開放するのに十分な運動エネルギーを生成するように設計される。

【0062】

次に図 13 に戻って、ここでは繊維化システム 620 の別の実施形態を説明している。示されるように、繊維化システム 620 は、ナノファイバーの大きな又はマクロなクラスターを、システム 3620 を通過するナノファイバーの小さなクラスターに分離するための分離器 625 を含む。第 1 の排出装置 626 は、分離器 625 の出口に連結され、ナノファイバーを分離器 625 からシステム 620 に引き込む役割を果たす。エアコンプレッサー（示されていない）も排出装置 626 に連結され、上述したように、動力流体を供給する。

10

先の実施形態と同様に、第 2 及び第 3 の排出装置 630、640 は、第 1 の排出装置 626 の出口に連結されている。ナノファイバーは、第 1 の排出装置 320 から引き込まれ、T 字型交差部 650 の表面に対して推進されてナノファイバーの少なくとも一部がより小さなクラスター又は個々のナノ粒子に分解される。

第 2 及び第 3 の排出装置 630、640 はそれぞれ、更なる T 字型交差部 660、670 に連結された出口を有する。上記のように、ナノファイバーは T 字型交差部 660、670 の表面に対して推進されて更に分解される。T 字型交差部 660、670 はそれぞれ、反応器の底部 680 に入る 2 つの流路に連結されている。従って、反応器の底部 680 は、ナノファイバーの通過のための 4 つの別個の入口 682、684、686、688 を有する。これらの入口はそれぞれ、好ましくは、上向きの角度が付けられ、反応器の反対側の角に配置される。これにより、ナノファイバーは反応器の渦の中に入り、反応器の上部 690 まで上方に向かって旋回する。

20

【0063】

図 12 を参照して前述したように、反応器は、ノズルに連結された開口した上端及び下端を有する中央管を有する環状チャンバーを含む。個々のナノ粒子に十分に分解されたナノファイバーは、ノズルを通して分散するために、この開口した上端を通して中央管に流れる。まだ分解されていないナノ粒子のより重いクラスターは、4 つの別個の出口 692、694、696、698 のうちの 1 つを通して反応器から出る。排出装置 710、720 は、上述したように、反応器 400 からナノファイバーを引き出すための動力を提供する。出口 792、794 はそれぞれ、T 字形交点 712 を介して排出装置 710 に連結され、出口 396、398 はそれぞれ、T 字形交点 722 を介して排出装置 720 に連結される。この場合、ナノファイバーは交点 712、722 を通過する際に 2 つの流路から 1 つの流路に流れる。

30

排出装置 710、720 はそれぞれ、T 字型交点 730、740 に連結されている。前述のように、ナノファイバーは T 字型交点 730、740 に推進され、更に個々のナノ粒子に分解される。次いで、T 字型交点 730、740 はそれぞれ、反応器 700 の底部 780 に連結される（入口 732、734、742、744 を介して）。これにより、ナノファイバーは、更なる処理のために反応器 700 に再び通することができる。この工程は、ナノファイバーの各クラスターが完全にナノ粒子に分解され、中央管を通してノズルを通過するまで続けられる。最後の工程として、個々に分離されたナノファイバーは、ノズルから任意の基材上にエアスプレーされるか、又は任意の繊維紡糸流と混合される。この工程では、吸引力は最大 20 p s i、圧力は最大 100 p s i である。

40

【0064】

特定の実施形態では、繊維化システムは、ナノファイバーがいつノズルを通過するのに適した個々のナノ粒子に分解されたかを決定するためにナノファイバーを監視する別個の制御システムを含み得る。この制御システムは、例えば、システムの圧力を単純に監視して、ナノファイバーをナノ粒子に分解するのに十分な圧力がナノファイバーに加えられていることを保証することができる。或いは、この制御システムは、質量又はサイズなどの

50

ナノ粒子の特性を検出するために、システム中に配置された様々な異なるセンサーを含んでもよい。センサーは、例えば、制御システムが、出口692、694、696、698加えられる負圧、環状チャンバーの周囲を通過する渦の速度、又はひいてはナノ粒子をノズルに引き込む中央チューブに加えられる圧力など、反応器700の様々なパラメーターを制御することができるように、反応器700内に配置することができる。

図14は、複合材料の複数の層を製造するためのシステム750の別の実施形態を示す。示されるように、システム750は、第1及び第2の巻戻し機752、754と、システム750を流れて下流に第1及び第2の基材760、762を巻き取るための単一の巻取り機756を含む。従前の実施形態と同様に、システム750は、基材760、762のそれぞれのための支持面（示されていない）を更に含み得る。第1及び第2の巻戻し機752、754は、第1及び第2の基材760、762を工程に前進させる役割を果たし、そこでそれらは相互に接合され、次いで、後述するように、単一の巻取り機756に巻き取られる。基材は、上述したように、不織布材料、メッシュ、ニット、織物、ポリマーシートなどを含み得る。

10

【0065】

システム750は、第1及び第2の基材760、512に結合剤を施すために第1及び第2の巻戻し機752、754の下流にそれぞれ配置された第1及び第2のスプレーコーター770、772を含む。システム700は、各スプレーガン770、772の下流に配置された第1及び第2の繊維化システム／装置780、782を更に含む。前述のように、繊維化装置780、782は、個々のナノ粒子を生成し、それらのナノ粒子を基材760、762上に分散させる。

20

ナノ粒子が基材760、762に分散されると、それら2つの基材は接合点790で相互に接合され、一緒に下流に前進される。それら2つの基材は、この時点で互いに接着されてもよいし、又は単に一方を他方の上に重ねてもよい。

システム750は、2つの基材の接合点790の下流に、IRオーブン792などの加熱／乾燥装置を更に含む。加熱／乾燥装置は、2つの基材を加熱及び乾燥させて互いに接着させ、ナノ粒子を基材内の繊維に接着させる。基材は、例えば、互いに積層されていてもよい。

【0066】

特定の実施形態では、ナノ粒子は、基材760、762の両方に分散される。このような一実施形態では、システム500は、ナノ粒子が各基材の第1の表面に分散されるように設計されている。その後、基材は、第1の表面が互いに対向するように接合することができる。或いは、第1の表面は互いに背を向けていてもよい（すなわち、各基材の第2の対向する表面で基材を接合する）。更に別の実施形態では、第1の基材の第1の表面は、第2の基材の第2の表面に接合される。

30

更なる実施形態では、複合材料を形成するために他の基材を使用することができる。図15及び図16は、ナノファイバーが堆積された複合材料の更なる実施形態を示し、この場合、基材はマイクロファイバーの不織布材料である。ナノ粒子は、特定の実施形態では、基材の厚さにわたって実質的に分布させることができる。他の実施形態では、複合材料は、基材の厚さにわたって密度勾配を有するナノ粒子を含むことができる。

40

【0067】

例えば、図17は、ナノ粒子814が、第2の表面818よりも第1の表面816の近傍に配置されたナノ粒子814の密度が高くなるような密度勾配を形成する基材830を示す。特定の実施形態では、第1の表面816に配置されたナノ粒子の密度は、第2の表面818に分散されたナノ粒子の密度の約75%より大きく異なる。いくつかの実施形態では、この差は50%より大きい。いくつかの実施形態では、この差は25%より大きい。特定の実施形態では、第2の表面818又はその近傍に分散された個々のナノ粒子の量又は数は、第1の表面816又はその近傍に分散された個々のナノ粒子の量の約50%未満であり、好ましくは約25%未満であり、より好ましくは約10%未満である。

図17に示す密度勾配は、第1の表面816から第2の表面818まで実質的に直線的

50

であり得る。或いは、ナノ粒子 8 1 4 の密度は、第 1 の表面 8 1 6 から第 2 の表面 1 8 まで一連の離散的な段階で減少してもよく、又は勾配はランダム（すなわち、直線的でも段階的でもない一般的な密度の減少）であってもよい。複合材料の基材は、ポリマー開口シート、織物、ニット、メッシュ、不織布などであり得る。

【0068】

複合材料の厚さにわたるナノ粒子の分布は、例えば、イメージング技術を使用して測定することができる。電子顕微鏡又は他の技術を使用し、製品の水平断面において製品の厚さの中央部で撮影された複合製品の拡大図を、製品の上表又は下表で撮影された画像と比較するか、又 3 つの画像全てを比較してナノ粒子の堆積量がどの程度変化するかを決定することができる。コンピューター画像解析処理を採用することができる。例えば、図 1 7 において、A-A 断面を撮影し、B-B で断面を撮影することができる。各断面の上面画像は、電子顕微鏡、走査型電子顕微鏡、その他の顕微鏡によって撮影することができる。例えば、A-A 断面で撮影した断面の上面画像を、B-B 断面で撮影した上面画像と比較することができる。同じ二次元サイズのサンプル中のマイクロファイバーの数、ナノ粒子の数、又はその両方を評価し、比較することができる。更に、イメージング技術を三次元サンプルに使用することもできる。これらの技術は、繊維の配向及びその他の特徴を評価するために使用することができる。これらの技術は、ナノ粒子が基材の深さ方向に堆積していること、基材の実質的にかなりの部分にわたって、実質的に全深度に、又は基材の深度の一部に堆積していることを判定するために使用することができる。

【0069】

他の実施形態では、ナノ粒子は、第 1 及び第 2 の表面 8 1 6、8 1 8 の両方から基材に添加されてもよい。これらの実施形態では、第 1 及び第 2 の表面 8 1 6、8 1 8 における面積密度又は「添加量」は、互いに実質的に等しくてもよく、又は用途に応じて異なってもよい。これらの実施形態では、基材の中央部に存在する面積密度又は「添加量」は、表面 8 1 6、8 1 8 におけるものよりも低い。例えば、基材の中央部の面積密度は、表面 8 1 6、8 1 8 における面積密度の約 7 5 % であってもよく、又は約 5 0 %、4 0 % 若しくは 2 5 % であってもよい。図 1 8 は、繊維 9 2 2 と濾材 9 1 0 の少なくとも一部に分散されたナノ粒子 9 2 0 とを含む不織布材料の濾材 9 1 0 を含むフィルター製品 9 0 0 を示す。示されるように、濾材 9 1 0 は、第 1 の上表 9 1 2 及び第 2 の下表 9 1 4 を有する。ナノ粒子は、上述したように、上表 9 1 2 を通して、上表 9 1 2 を越えて濾材 9 1 0 の深部まで及ぶように分散されている。フィルター製品 9 0 0 は、支持層 9 3 0 を更に含み、この支持層は、濾材 9 1 0 の支持を提供する実質的に剛性のポリマー、又は気体若しくは流体を通過させるための複数の開口部を有する開口フィルム（上述）などの、当技術分野で公知の任意の適切な支持層であり得る。

本明細書で開示されるような複合材料を形成するための不織布基材の繊維は、メルトブローン、スパンボンド、又は上述の他の方法などの公知の方法を用いて形成することができる。企図される繊維は、限定されるものではないが、円形、インゲン豆形、犬の骨形、三つ葉形、バーベル形、ボウタイ形、星形、Y 字形その他を含む多くの断面形状を有し得る。所望の性能の特徴を得るために、これらの形状及び／又は他の従来の形状をこれらの実施形態と併用してもよい。基材中の繊維は、熱的接着、化学的接着、互いに絡み合わせるることによる、接着剤などの結合剤の使用などによるなど、互いに接続されたままとなる。

【0070】

不織布基材の繊維は、人工繊維であっても天然繊維であってもよい。繊維に適した材料としては、限定されるものではないが、ポリプロピレン、ポリエステル（PET）、PEN ポリエステル、PCT ポリエステル、ポリプロピレン、PBT ポリエステル、コポリアミド、ポリエチレン、高密度ポリエチレン（「HDPE」）、LLDPE、架橋ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリアクリレート、ポリアクリロニトリル、ポリフマロニトリル、ポリスチレン、スチレン無水マレイン酸、ポリメチルペンテン、シクロオレフィニルコポリマー又はフッ素化ポリマー、ポリテトラフルオロエチレン、過フッ素化エチレン及

びヘキシフルオロプロピレン、又はP(VDF-TrFE)のようなPVDFとのコポリマー若しくはP(VDF-TrFE-CFE)のようなターポリマー、プロピレン、ポリイミド、ポリエーテルケトン、セルロースエステル、ナイロン及びポリアミド、ポリメタクリル、ポリ(メチルメタクリレート)、ポリオキシメチレン、ポリスルホネート、アクリル、スチレン化アクリル、プレ酸化アクリル、フッ素化アクリル、酢酸ビニル、ビニルアクリル、エチレン酢酸ビニル、スチレン-ブタジエン、エチレン/塩化ビニル、酢酸ビニルコポリマー、ラテックス、ポリエステルコポリマー、カルボキシル化スチレンアクリル又は酢酸ビニル、エポキシ、アクリル系マルチポリマー、フェノール、ポリウレタン、セルロース、スチレン、又はこれらの任意の組合せが挙げられる。その他の従来の繊維材料も企図される。

10

【0071】

不織布基材の繊維は、異なるサイズの繊維を含むことができ、繊維は、一般に、約1～約1000ミクロンの範囲の直径を有し、約1.27～7.62センチ(0.5～3インチ)の範囲の長さを有する。繊維は、捕捉効率と塵埃保持能力を高めるために、フィルターの上表(上流)から下表(下流)に向かって孔径が小さくなる勾配密度媒体として構成されてよい。又、この構成により、濾材の異なる深さに異なる量のナノ粒子を分散させることもできる。例えば、濾材の上流側は、より多くの空隙とより高密度のナノ粒子を可能にするために最大の繊維サイズを有し、濾材の下流側は、より低密度のナノ粒子を提供するためにより小さなサイズの繊維を有することができる。或いは、この構造を逆にして、濾材の下流部分により高密度のナノ粒子密度を提供することもできる。

20

複合材料の一部としての不織布基材の繊維は、熱により接着させるか、化学的に接着させるか、又は互いに絡み合わせることによって他の繊維に接続されたままとなり得る。二成分(bicomponent)繊維は、特に機械濾過で使用されることがあり、これらは、両方のポリマーが同じフィラメント内に含まれる状態で、同じ紡糸口金から2つのポリマーを押し出すことによって形成される。二成分繊維に適した材料としては、限定されるものではないが、ポリプロピレン(PP)/ポリエチレン(PE)、ポリエチレンテレフタレート(PET)/ポリプロピレン(PP)などが挙げられる。

【0072】

いくつかの実施形態では、基材は、スパンボンド又はエアスルーボンドカード不織繊維を含む「高ロフト」不織布材料を含み得る。本明細書で使用する場合、「高ロフト」という用語は、空隙の体積が全固体の体積よりも大きいことを意味する。エアスルーボンドカード不織繊維では、当業者に公知の様々な手段によって基材のロフト性を制御することができる。例えば、接着時に媒体にかかる圧縮力を小さくすることにより、ロフト性を高めることができる。別の例では、高ロフト不織布材料は、3デニールより大きい、例えば、5デニール以上、6デニール以上の厚さなど、より厚い繊維を用いて製造することができる(より詳細に後述)。他の実施形態では、ロフト性は、図24Cに示され、より詳細に後述されるように、偏心バイオコンポーネント繊維を使用することによって、ロフト性を高めることができる。

30

不織布基材の繊維は、用途に適した厚さを有することができる。いくつかの実施形態では、これらの繊維は、少なくとも1つの寸法が約1～約10,000マイクロメートル又は約1～約1,000マイクロメートル又は約10～約100マイクロメートルの範囲である。繊維の太さは又、繊維の線質量密度の測定単位であるデニールで測定され得る。いくつかの実施形態では、繊維は、約1デニール～約10デニールの線密度を有し得る。ナノ粒子は、少なくとも1つの寸法が約1～約1,000ナノメートル又は約1～約1000ナノメートルの範囲である繊維である。上記の繊維及びナノ粒子の寸法は、繊維又はナノ粒子の形状に応じて、直径又は幅であってよい。

40

【0073】

ブリーツ加工又は非ブリーツ加工のエアフィルターなどのガスフィルターの場合、繊維は、約1デニール～約10デニールの範囲の線密度を有し得る。濾材は、同じ又は異なる線密度を有する繊維を含み得る。

50

エアフィルターの繊維は一般に、フィルターを通過する汚染物質を捕捉するのに繊維が十分小さいことを保証するために、約3デニール以下の線密度を有する。出願人は驚くべきことに、濾材中に分散されたナノ粒子を使用することにより、繊維がより大きな線密度、例えば3デニールより大きい線密度を有する可能性があることを発見した。これは、ナノ粒子が重要な濾過能を提供するためである。場合によっては、繊維は、3デニールより大きい、5デニール以上、6デニール以上、又は7～10デニールもの線密度を有することがある。

出願人は又、いくつかの用途において、従来のフィルターで使用されるよりも大きな線密度を有する繊維（例えば、約3デニールより大きい）は、濾材内でより多くの開放空間又は細孔を提供し、これにより、より大きな密度のナノ粒子をその中に分散させることができることを発見した。これは当業者の常識に反するかもしれないが、出願人は、ナノ粒子を組み込んだより大きな線密度を有する繊維が、フィルターの総効率を実際に改善することを発見した。

10

【0074】

特定の実施形態では、濾材は、同じ濾材内に少なくとも2つの異なるフィルター層を提供するために、少なくとも2つの異なる繊維の厚さ又は線密度を含み得る。例えば、場合によっては、濾材の一部分は、3デニールより大きい、例えば5デニール以上又は6デニール以上の線密度を有する繊維を含む。濾材の他の部分は、3デニール以下の、より標準的な線密度を有する繊維を含む。この二重層濾材は、両方の部分が繊維全体に分散したナノ粒子を含んでもよいが、主として、より厚い繊維内で高密度を有するナノ粒子で汚染物質を濾過する第1のフィルター部分と、主として、より低い線密度を有する繊維で汚染物質を濾過する第2のフィルター部分を形成する。特定の実施形態では、濾材は、各部分内に異なるデニール繊維範囲を有する3つ以上の別個の部分又は層を含み得る。

20

【0075】

図19は、繊維922と濾材910の一部に分散されたナノ粒子920とを含む不織布材料の濾材910を含む別のフィルター製品940を示す。この実施形態では、製品940は、支持層930に接着されたスクрим層950を含む。

図20は、互いに接着された第1及び第2の濾材962、964を含む二重層フィルター製品960を示す。示されるように、ナノ粒子920は、各濾材962、964の深さ方向に分散されている。この実施形態では、ナノ粒子920は、濾材962、964の内表966、968に分散されている。別の実施形態（示されていない）では、ナノ粒子は濾材962、964の外表970、972に分散されている。更に別の実施形態では、ナノ粒子920は、濾材962の内表966及び濾材964の外表972に堆積させることができる。図19及び図20のものと同様のフィルター製品は、開口ポリマーシートを有する複合材料、又は本明細書で言及される任意の他の基材を組み込むことができる。異なる基材を有する複合材料の組合せを有するフィルター製品を使用することができる。

30

【0076】

図21は、例えば繊維紡糸工程中にナノ粒子を1以上の繊維流に組み込むための装置を示している。このような一実施形態では、ナノ粒子は2つのメルトブローダイの間に分散され、溶融ポリマーが小孔を通して押し出されて繊維を形成する。ナノ粒子がまだ粘着性のある状態で繊維と出会うと、ナノ粒子は繊維と機械的に絡み合い、繊維と熱により接着する。従って、いくつかの実施形態では、追加の接着工程は必要としない。

40

図21に示すように、繊維状不織布構造を形成するための装置1600は、上記のシステム及び装置の1つと同様の繊維化システム1610を含む。繊維化システム1610は、個々のナノ粒子を第1の流れ1630に分散させるためのノズル1620又は同様の装置を含む。装置1600は、個々のナノ粒子の流れ1630と組み合わせられる繊維の1以上の流れを生成するためのシステムを更に含む。このシステムは、スパンボンド、カード化、押出しなどのような、当技術分野で公知の任意のシステムを含み得る。

【0077】

一例では、システムはスパンボンドラインを含んでもよく、この場合には、溶融ポリマ

50

ーを紡糸し、溶融フィラメントを延伸することによってフィラメントが形成される。フィラメントの繊維束は、分離され、広げられ、次いで、網の上に重ねられ、ウェブを形成する。繊維は熱接着とエンボス加工によりシートの形態で接着される。第1の流れ630は、例えば、細化区域の前又は接着（圧密）工程の前に導入することができる。

別の実施形態では、システムは、互いに直列に配置された2つのカーディング機を含み得る。第1の流れ1630は、ナノ粒子が2つのカーディング繊維ウェブの間に挟まれるように、第1のカーディングラインの後、第2のカーディングラインの前の任意の時点で導入することができる。その後、ナノ粒子を含む全ての繊維が、エアスルーボンディングオープン内で一緒に接着される（ナノ粒子が熱的にインターロックされる）。

【0078】

別の実施形態では、装置は、第1及び第2の押出機1650、1652に連結されたホッパー1640、1642などの第1及び第2の供給装置を含む。各押出機は、例えば、従来の駆動モータ（示されていない）によって駆動される押出スクリュウ（示されていない）からを含み得る。ポリマーが押出機1650、1652を前進するにつれて、駆動モーターによる押出スクリュウの回転により、溶融状態まで徐々に加熱される。熱可塑性ポリマーを溶融状態まで加熱することは、押出機1650、1652の離散加熱区域を通過してそれぞれ2つのメルトブローダイ1660、1662に向かって前進するにつれてその温度が徐々に上昇する複数の離散段階で達成され得る。メルトブローダイ1660、1662は、熱可塑性樹脂の温度が押出成形のために高いレベルに維持される更に別の加熱区域にあってもよい。

各メルトブローダイ1660、1662は、溶融糸がメルトブローダイの小孔又はオリフィス1672から出る際に、ダイ当たり2つの減衰ガス流が収束して単一のガス流を形成し、これが溶融糸を随伴し、細化するように構成されている。溶融糸は細化されて、通常オリフィス1672の直径より小さい小直径の繊維又は細化の程度によってはマイクロファイバーとなる。従って、各メルトブローダイ1660、1662は、随伴され細化されたポリマー繊維を含む気体の対応する単一の一次空気流1680、1690を有する。

【0079】

ポリマー繊維を含む一次空気流1680、1690は、形成区域1700で収束するように整列されている。更に、個々のナノ粒子の第1の流れ630は、形成区画1030で、熱可塑性ポリマー繊維又はマイクロファイバーの2つの一次空気流1680、1690に加えられる。繊維の2つの一次空気流1680、1690への個々のナノ粒子の導入は、繊維の組み合わせられた一次空気流1680、1690内に二次繊維状材料1032の分布を生じさせるように設計される。これは、個々のナノファイバーの第1の流れ1630を2つの一次空気流1680、1690の間に合流させ、3つの気体流の全てが制御された様式で収束するようにすることで達成することができる。

不織布材料の製造に利用され得る適切なメルトブローダイの例は、米国特許第6,972,104号及びUS8017534号及びUS7772456号、並びに米国特許出願第US20200216979A1号でより詳細に述べられており、これらの全開示は、目的を問わず、参照によりその全体が本明細書の一部として援用される。

図24A～24Cは、本明細書に開示される不織布基材と併用可能なバイオコンポーネント繊維の種々の例を示す。図24Aは、芯繊維62及び周囲の鞘繊維64を有する繊維60を示す。この実施形態では、芯62は鞘と実質的に同心である。図24Bは、互いに並列に配置された第1及び第2の繊維72、74を有するバイオコンポーネント繊維70を示す。図24Cは、芯繊維82及び鞘繊維84を有するバイオコンポーネント繊維80を示す。この実施形態では、芯82は鞘84の長手方向軸に対して偏心しており、これによりバイオコンポーネント繊維の全体的な口フト性が増している。当然のことながら、他の構成も可能である。例えば、芯は、犬の骨形、正方形、三角形、菱形などの円形以外の形状を含んでもよい。或いは、繊維は複数の芯を含んでもよいし、又は3つ、4つ若しくはそれを超える四分円に分割されていてもよい。

【0080】

実施形態 1 は、気体又は液体を流すための 1 以上の開口部を有する少なくとも 1 つのポリマー層、及び前記ポリマー層内に配置された、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満である複数のナノ粒子を含むポリマーシートである。実施形態 2 は、前記ポリマー層が第 1 の表面及び第 1 の表面と反対側の第 2 の表面を有し、前記ナノ粒子の少なくとも一部が第 1 の表面と第 2 の表面の間に配置されている、実施形態 1 に記載のシートである。実施形態 3 は、前記ポリマー層が、前記シート内にプリーツを形成するための少なくとも 1 つの折り目を含む、実施形態 1 又は 2 のいずれか一項に記載のシートである。

実施形態 4 は、前記ポリマー層が押出フィルムである、実施形態 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 5 は、前記開口部が細孔又は穿孔を含む、実施形態 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 6 は、前記開口部が六角形、正方形又は菱形である、実施形態 1 ～ 5 のいずれか一項に記載のシートである。

10

【0081】

実施形態 7 は、前記ポリマー層の表面にわたって延在する複数のプリーツを更に含む実施形態 1 ～ 6 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 8 は、前記ポリマー層がポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択される、実施形態 1 ～ 7 のいずれか一項に記載のシートである。本明細書に開示される実施形態のいずれにおいても、ポリマーシートは、気体又は液体を流すための 1 以上の開口部を有する少なくとも 1 つのポリマー層、及び前記ポリマー層内に配置された複数のナノ粒子を含み、前記ナノ粒子は、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満であり、更に、前記開口部は細孔又は穿孔を含み、更に、前記ポリマー層は、ポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択される。

20

実施形態 9 は、メッシュ、ネット、布、ニット又は織物を更に含む、実施形態 1 ～ 8 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 10 は、前記ポリマー層がガスフィルター用の実質的に剛性の支持層である、実施形態 1 ～ 9 のいずれか一項に記載のシートである。

実施形態 11 は、前記ポリマー層がフェイスマスク用の可撓性表面層である、実施形態 1 ～ 10 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 12 は、前記ポリマー層が指用包帯パッド用の可撓性表面層である、実施形態 1 ～ 11 のいずれか一項に記載のシートである。

【0082】

30

実施形態 13 は、前記ポリマー層が共押出されて接着結合層を形成する、実施形態 1 ～ 12 のいずれか一項に記載のシートである。

実施形態 14 は、前記ナノ粒子が前記ポリマー層内に、ナノ粒子の密度が第 1 の表面から第 2 の表面に向かって減少するような勾配を形成する、実施形態 1 ～ 13 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 15 は、前記ナノ粒子が前記ポリマー層に実質的に均一に分散されている、実施形態 1 ～ 14 のいずれか一項に記載のシートである。

実施形態 16 は、前記ナノ粒子が流体内で単独化され、前記ポリマー層の第 1 の表面に分散されている、実施形態 1 ～ 15 のいずれか一項に記載のシートである。

【0083】

実施形態 17 は、前記ポリマー層が、静電荷を有する繊維を含む、実施形態 1 ～ 16 のいずれか一項に記載のシートである。本明細書に開示される実施形態のいずれにおいても、ポリマーシートは、気体又は液体を流すための 1 以上の開口部を有する少なくとも 1 つのポリマー層、及び前記ポリマー層内に配置された複数のナノ粒子を含み、前記ナノ粒子は、少なくとも 1 つの寸法が 1 ミクロン未満であり、更に、前記開口部は細孔又は穿孔を含み、更に、前記ポリマー層、ナノ粒子、又はその両方は静電荷を有する。

40

実施形態 18 は、前記ナノ粒子が炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択される、実施形態 1 ～ 17 のいずれか一項に記載のシートである。

実施形態 19 は、前記ポリマー層内に、前記ナノ粒子を前記ポリマー層に接着させる結合剤を更に含む、実施形態 1 ～ 18 のいずれか一項に記載のシートである。実施形態 20

50

は、結合剤を更に含み、前記結合剤がデンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH及び合成樹脂からなる群から選択される材料を含む、実施形態1～19のいずれか一項に記載のシートである。

【0084】

実施形態21は、濾材、及び前記濾材に接着された実質的に剛性の支持層を含み、前記支持層が繊維及び支持層内に配置された複数のナノ粒子を含み、前記ナノ粒子は、少なくとも1つの寸法が1ミクロン未満であるガスフィルターである。実施形態22は、前記ナノ粒子が、前記支持層を通過する汚染物質を濾過するように構成されている、実施形態21に記載のガスフィルターである。

実施形態23は、前記支持層が、気体又は液体を流すための1以上の開口部を有する少なくとも1つの押出ポリマーフィルムを含む、実施形態21～22のいずれか一項に記載のガスフィルターである。実施形態24は、前記ポリマーフィルムが第1の表面及び第1の表面と反対側の第2の表面を有し、前記ナノ粒子の少なくとも一部が、第1の表面と第2の表面との間に配置されている、実施形態21～23のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

実施形態25は、前記ポリマーフィルムが前記シート内にプリーツを形成するための少なくとも1つの折り目を含む、実施形態21～24のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

【0085】

実施形態26は、前記開口部が細孔又は穿孔を含む、実施形態23～25のいずれか一項に記載のガスフィルターである。実施形態27は、前記開口部が六角形、正方形又は菱形である、実施形態23～26のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

実施形態28は、前記濾材の表面にわたって延在する複数のプリーツを更に含む、実施形態21～27のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

実施形態29は、前記ポリマーフィルムがポリプロピレンフィルム、高密度ポリエチレンフィルム、及びポリ乳酸フィルムからなる群から選択される、実施形態23～28のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

実施形態30は、メッシュ、ネット、布、ニット又は織物を更に含む、実施形態21～29のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

【0086】

実施形態31は、前記ナノ粒子が流体内で単独化され、前記濾材の第1の表面に分散されている、実施形態21～30のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

実施形態32は、前記支持層が静電荷を有する繊維を含む、実施形態21～31のいずれか一項に記載のガスフィルターである。本明細書に開示される実施形態のいずれにおいても、支持層、ナノ粒子、又はその両方は、静電荷を有する。

実施形態33は、前記ナノ粒子が炭素繊維、ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、ポリラクチド繊維、及びこれらの組合せからなる群から選択される、実施形態21～32のいずれかのガスフィルターである。

実施形態34は、前記ナノ粒子を前記支持層に接着させる結合剤を更に含む、実施形態21～33のいずれか一項に記載のガスフィルターである。実施形態35は、前記結合剤がデンプン、デキストリン、グアーガム、PVOH及び合成樹脂からなる群から選択される材料を更に含む、実施形態21～34のいずれか一項に記載のガスフィルターである。

【0087】

実施形態36は、内部構造内に細孔を有する基材と、前記基材の内部構造内の、少なくとも1つの寸法が1ミクロン未満である複数のナノ粒子とを含み、前記ナノ粒子は基材内に、ナノ粒子の密度が前記基材の第1の表面から、反対側の第2の表面に向かって減少するような勾配を形成する複合材料である。実施形態37は、前記基材が繊維性材料を含む、実施形態36に記載の複合材料である。

実施形態38は、前記繊維性材料が複数のマイクロファイバーを含み、前記マイクロファイバーは1寸法が1ミクロン以上である、実施形態37に記載の複合材料である。

10

20

30

40

50

実施形態 39 は、前記マイクロファイバーが、スパンボンド法、メルトブローン法、及びエレクトロスピニング法からなる群から選択される手法で形成される、実施形態 36～38 のいずれか一項に記載の複合材料である。

【0088】

実施形態 40 は、前記ナノ粒子が、約 1 ミリメートル～約 3 ミリメートルの距離だけ外表下に延在する、実施形態 36～39 のいずれか一項に記載の複合材料である。

実施形態 41 は、実施形態 36～40 のいずれか一項に記載の複合材料を有するガスフィルターである。

実施形態 42 は、実施形態 36～41 のいずれか一項に記載の複合材料を有する液体フィルターである。

10

実施形態 43 は、実施形態 36 に記載の複合材料を有するフェイスマスクである。

【実施例】

【0089】

実施例 1

ポリエステルの内側円形部分と HDPE の外側同心部分を有する二成分繊維のマイクロファイバー基材をロールで準備した。ロール・ツー・ロール工程で、基材に接着剤を噴霧し、生体溶解性ガラス繊維又はナノ粒子のナノファイバーを堆積させた。その後、不織布製品をオープンで加熱し、冷却した不織布製品を別のロールに集めた。

ナノ粒子は、以下の図 12～16 に記載されている工程に従って堆積させる。実験では、生体溶解性ガラスナノファイバーを使用する。ナノファイバーの直径は約 700 nm であり、長さは約 500 ミクロンである。以下の実施例では、二成分繊維から作製したカード状のエアスルーボンド不織布を基材として使用する。

20

フラットシート濾材サンプルを濾過速度 110 fpm で試験した。サンプルサイズは (30.48 センチ×30.48 センチ (12 インチ×12 インチ)) であった。0.3～10 ミクロンの範囲の NaCl 塩粒子を汚染物質として使用した。

【0090】

実施例 2

3 デニールの PET/PE 二成分繊維から作製されたカード不織布を基材として使用する。水、2-ヘキソキシエタノール、イソプロパノールアミン、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、ラウラミンオキシド、水酸化アンモニウムを含む組成物を結合剤として使用する。異なるナノファイバー添加量は、ライン速度の調整によって制御される。

30

【表 1】

表 1

サンプル	gsm	ナノ粒子 添加量gsm	圧力損失 "H2O	粒子群			MERV 評価
				E1	E2	E3	
基材	54.9		0.07	0	17	58	7
A1	55.7	0.82	0.14	23	62	94	10
A2	56.5	1.64	0.17	32	73	97	11
A3	57.4	2.46	0.24	47	86	98	12

40

この例は、ナノ粒子の添加量を制御することにより、MERV 評価が MERV 7 から MERV 13 まで増加していることを示している。

【0091】

実施例 3

5 デニールの二成分繊維を有する高口フトのエアスルーカード不織布を基材として使用する。典型的なデンプン結合剤を希釈し、ナノファイバー堆積前に噴霧する。溶媒が蒸発し、IR ヒーター下で乾燥が起こると、デンプンはナノファイバーを十分に接着させる。

50

【表 2】

表 2

サンプル	圧力損失 [＊] H 20	粒子群			MERV評 価
		E1	E2	E3	
B1	0.1	24%	58%	88%	10
B2	0.17	34%	71%	90%	11
B3	0.26	47%	85%	98%	12
B4	0.29	59%	91%	99%	13
B5	0.5	76%	97%	100%	14

10

【0092】

実施例 4

IPA 放電後に本明細書に記載のようにナノ粒子を基材に組み込んだスパンボンド媒体又はメルトブローン媒体を基材として使用した。スパンボンド繊維は、フィラメントを製造するために紡糸及び延伸された溶融ポリマーから作製した。基材の平均坪量は約 90 g/s m であり、平均厚さは約 0.57 mm であった。ナノ粒子を組み込んでないベースサンプルを使用した。本明細書に記載されているように、基材にナノ粒子を組み込んだ 4 つの別個のサンプルを調製した。サンプル 2 では、IPA 放電後にメルトブローン繊維にナノ粒子を組み込んだ。サンプル 1、3、4 では、IPA 放電後にスパンボンド繊維にナノ粒子を組み込んだ。この試験結果を以下の表 3 に示す。

20

【表 3】

表 3

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
1	CAB81 (スパンボンド)	0.41	96%	100%	100%	16
2	CAB81 (メルトブローン)	0.24	75%	98%	100%	14
3	CAB81 (スパンボンド)	0.40	92%	100%	100%	15
4	CAB81 (スパンボンド)	0.17	48%	87%	99%	12
ベース	CAB81 (スパンボンド)	0.07	9%	46%	90%	9

30

40

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ濾材サンプルの効率、3つの粒子群の全てでベースサンプルよりも増加し、E2 及び E3 粒子群に有意な増加が見られた。サンプルの総MERV評価は、ナノ粒子を使用した場合、MERV 7 (ベースサンプル) からMERV 12～MERV 16まで増加した。ナノ粒子を用いなかったベースサンプルの圧力損失は水0.1778センチ(0.07インチ)であった。サンプル1～4は、水0.4318～1.0414センチ(0.17～0.41インチ)の範囲で圧力損失がやや増加した

50

。ナノ粒子がメルトブロー繊維に組み込まれたサンプル 2 では、MERV 評価は 14 で、圧力損失は水 0.6096 センチ（0.24 インチ）であった。

【0093】

実施例 5

5 デニールのエアスルーカード繊維を基材として使用した。ナノ粒子を組み込んでいないベースサンプルを使用した。本明細書に記載されるように基材にナノ粒子を組み込んだ 2 つの別個のサンプルを調製した。この試験の結果を以下の表 4 に示す。

【表 4】

表 4

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	5Dカード繊維	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5Dカード繊維	0.31	57%	90%	98%	13
2	5Dカード繊維	0.33	61%	92%	98%	13

10

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ濾材サンプルの効率は、3 つの粒子群の全てでベースサンプルよりも実質的に増加した。サンプルの総 MERV 評価は、MERV 6（ベースサンプル）からナノ粒子を用いた MERV 13 まで上昇した。ナノ粒子を用いないベースサンプルの圧力損失は水 0.0762 センチ（0.03 インチ）であった。サンプル 1 及び 2 は、0.7874～0.8382 センチ（0.31～0.33 インチ）の範囲で圧力損失がやや増加した。

20

【0094】

実施例 6

メルトブローン繊維を基材として使用した。基材は平均坪量約 24 gsm、平均厚さ約 0.4 mm であった。ナノ粒子又は PVOH などの接着剤を組み込んでいないベースサンプルを使用した。サンプル 1 は、ベルトを上にしたメルトブロー繊維を含んでいた。PVOH は繊維に噴霧したが、ナノ粒子は組み込まなかった。サンプル 2 は、けばだった側を上にしたメルトブロー繊維を含んでいた。PVOH は繊維に噴霧したが、ナノ粒子は組み込まなかった。サンプル 3 は、PVOH を噴霧し、本明細書に記載されているようにナノ粒子を繊維に組み込んだメルトブローン繊維を含んでいた。この試験の結果を以下の表 5 に示す。

30

【表 5】

表 5

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	メルトブローン	0.35	82%	96%	99%	14
1	メルトブローン	0.38	68%	88%	93%	13
2	メルトブローン	0.41	78%	95%	97%	14
3	メルトブローン	1.02	92%	99%	99%	15

40

示されるように、ナノ粒子を組み込んだサンプル 3 の効率は、3 つの粒子群の全てで、特に E1 粒子群で、他の 3 つのベースサンプルよりも高まった。サンプル 3 の総 MERV 評価は、ナノ粒子を用いた場合、MERV 13 又は 14（ベースサンプル）から MERV

50

15に増加した。サンプル2と3に添加されたPVOHは、圧力損失を実質的に増加させなかった（すなわち、ベースサンプルでは0.35、サンプル1及び2では0.38及び0.41）。サンプル3の圧力損失は、水約1.016センチ（0.40インチ）から水約2.54センチ（1インチ）に増加した。ナノ粒子がメルトブロー繊維に組み込まれたサンプル3では、MERV評価は15であり、圧力損失は水2.5908センチ（1.02インチ）であった。

【0095】

実施例7

5デニールのエアスルーカード繊維を基材として使用した。ナノ粒子を組み込んでいないベースサンプルを使用した。本明細書に記載されるように、基材にナノ粒子を組み込んだ5デニールのカード繊維を含んだ7つの追加サンプルを調製した。この試験の結果を以下の表6に示す。

【表6】

表6

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	5Dカード繊維	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5Dカード繊維	0.07	7%	31%	69%	7
2	5Dカード繊維	0.09	5%	36%	69%	7
3	5Dカード繊維	0.15	16%	51%	77%	9
4	5Dカード繊維	0.16	21%	58%	81%	10
5	5Dカード繊維	0.17	31%	70%	90%	11
6	5Dカード繊維	0.28	46%	85%	96%	12
7	5Dカード繊維	0.32	58%	91%	97%	13

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ7つのサンプルの効率、3つの粒子群の全てで、特にE2及びE3粒子群で、ベースサンプルよりも高まった。総MERV評価は、ナノ粒子を用いた場合、MERV6（ベースサンプル）からMERV7～MERV13まで増加した。圧力損失は、水0.0762センチ（0.03インチ）から最大で水0.8128センチ（0.32インチ）まで増加したに過ぎなかった。

【0096】

実施例8

高口フトスパンボンド繊維を連続繊維ラインの基材として使用した。この試験には2つの異なるバージョン：205-6と205-2を含み、連続繊維ラインの設定を変更して、質量と厚さが異なる2種類の基材を調製した。各バージョン（205-6と205-2）には、ナノ粒子を組み込んでいないベースサンプルを使用した。本明細書に記載されるようにナノ粒子を基材に組み込んだ205-6及び205-2繊維を含む6つの追加サンプルを調製した。この試験の結果を以下の表7に示す。

10

20

30

40

50

【表 7】

表7

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	205-6	0.04	0%	9%	43%	6
ベース	205-2	0.04	0%	8%	37%	6
1	205-6	0.86	88%	98%	99%	15
2	205-2	0.48	79%	96%	99%	14
3	205-6	0.87	82%	97%	99%	14
4	205-2	0.42	61%	90%	98%	13
5	205-6	0.78	79%	97%	99%	14
6	205-2	0.23	44%	79%	96%	11

10

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ6つのサンプルの効率は、3つの粒子群の全てでベースサンプルよりも実質的に向上した。総MERV評価は、ナノ粒子を用いた場合、MERV6（ベースサンプル）からMERV11～MERV14まで増加した。圧力降下は、水0.1016センチ（0.04インチ）から最大で水2.2098センチ（0.87インチ）まで増加したに過ぎなかった。205-2サンプルの圧力損失は、最大で水1.2192センチ（0.48インチ）まで増加したに過ぎなかった。

20

【0097】

実施例9

スパンボンド及びメルトブローン繊維を基材として使用した。基材の平均坪量は、スパンボンド繊維が約70gsm、メルトブローン繊維が約24gsmであった。基材の平均厚さは約0.75mmであった。ナノ粒子が組み込まれていないベースサンプルを使用した。本明細書に記載されるようにナノ粒子を繊維に組み込んだスパンボンドとメルトブローン繊維を含む5つの追加サンプルを調製した。サンプル1～3では、ナノ粒子をメルトブローン繊維に噴霧した。サンプル4と5では、ナノ粒子をスパンボンド繊維に噴霧した。又、サンプル1及び2では、基材には接着剤PVOHは噴霧しなかった。サンプル3～5にはPVOHを噴霧した。この試験結果を以下の表8に示す。

30

【表 8】

表 8

サンプル #	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	スパンボンド+ MB	0.07	2%	17%	29%	5
1	スパンボンド+ MB	0.41	100%	100%	100%	16
2	スパンボンド+ MB	0.56	100%	100%	100%	16
3	スパンボンド+ MB	0.26	99%	100%	100%	16
4	スパンボンド+ MB	0.4	100%	100%	100%	16
5	スパンボンド+ MB	0.17	97%	100%	100%	16

40

示されたように、ナノ粒子を組み込んだ5つのサンプルの効率は、3つの粒子群の全てでベースサンプルよりも実質的に向上した。総MERV評価は、ナノ粒子を用いた場合、

50

M E R V 5（ベースサンプル）からM E R V 1 6まで増加した。圧力損失は、水0.1778センチ（0.07インチ）から最大で水1.4224センチ（0.56インチ）に増加したに過ぎなかった。サンプル3-5（基材にP V O Hを噴霧）では、圧力損失は最大で水1.016センチ（0.4インチ）に増加したに過ぎなかった。

【0098】

実施例10

5デニールのエアスルーカードガラス繊維を基材として使用した。ナノ粒子が組み込まれていないベースサンプルを使用した。ナノ粒子を組み込んだ5デニールのカードガラス繊維を含む3つの追加サンプルを調製した。この試験結果を以下の表9に示す。

【表9】

表9

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	5Dカード繊維	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5Dカード繊維	0.27	59%	91%	99%	13
2	5Dカード繊維	0.18	45%	83%	98%	12
3	5Dカード繊維	0.24	54%	89%	99%	13

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ3つのサンプルの効率は、3つの粒子群の全てでベースサンプルよりも実質的に向上した。総M E R V評価は、ナノ粒子を使用した場合、M E R V 6（ベースサンプル）からM E R V 1 2又はM E R V 1 3に増加した。圧力損失は、水0.0762センチ（0.03インチ）から最大で水0.6858センチ（0.27インチ）に増加したに過ぎなかった。

【0099】

実施例11

5デニールと7デニールのエアスルーカードガラス繊維の繊維ブレンドを基材として使用した。この媒体はエアスルー接着されていた。ナノ粒子を組み込んでいないベースサンプルを使用した。ナノ粒子を組み込んだ5デニールと7デニールのカードガラス繊維の繊維ブレンド含む19の追加サンプルを調製した。この試験結果を以下の表10に示す。

10

20

30

40

50

【表 10】

表 10

サンプル#	基材	PD	E1	E2	E3	MERV
ベース	5D/7Dカード	0.03	-1%	2%	38%	6
1	5D/7Dカード	0.15	37%	64%	95%	10
2	5D/7Dカード	0.21	33%	70%	92%	11
3	5D/7Dカード	0.17	42%	80%	98%	11
4	5D/7Dカード	0.25	47%	82%	96%	12
5	5D/7Dカード	0.20	48%	84%	98%	12
6	5D/7Dカード	0.22	49%	84%	98%	12
7	5D/7Dカード	0.23	53%	85%	97%	13
8	5D/7Dカード	0.23	53%	87%	98%	13
9	5D/7Dカード	0.23	54%	88%	98%	13
10	5D/7Dカード	0.27	54%	88%	98%	13
11	5D/7Dカード	0.28	54%	87%	98%	13
12	5D/7Dカード	0.24	56%	89%	98%	13
13	5D/7Dカード	0.26	56%	88%	98%	13
14	5D/7Dカード	0.25	57%	90%	98%	13
15	5D/7Dカード	0.27	57%	89%	98%	13
16	5D/7Dカード	0.28	57%	89%	98%	13
17	5D/7Dカード	0.28	58%	90%	98%	13
18	5D/7Dカード	0.30	58%	90%	98%	13
19	5D/7Dカード	0.29	59%	89%	98%	13
20	5D/7Dカード	0.31	65%	94%	99%	13

示されるように、ナノ粒子を組み込んだ19のサンプル全ての効率、3つの粒子群の全てで、ベースサンプルよりも実質的に向上した。総MERV評価は、ナノ粒子を用いた場合、MERV6（ベースサンプル）からMERV10～MERV13まで増加した（大多数のサンプルはMERV13と評価された）。圧力損失は、水0.0762センチ（0.03インチ）から最大で水0.0762センチ（0.31インチ）まで増加したに過ぎなかった。

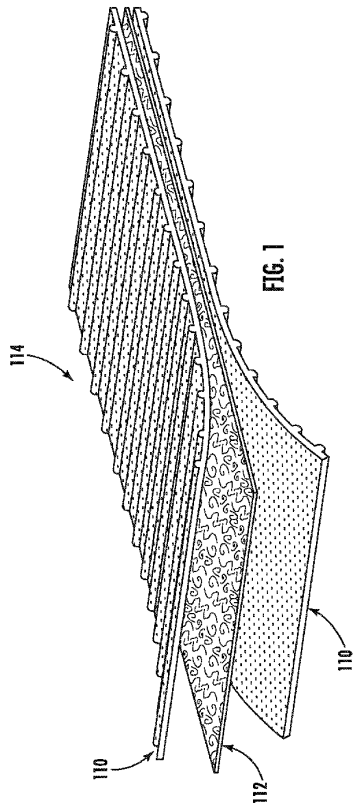
【0100】

本明細書では、装置、システム、及び方法を、その特定の好ましい実施形態に従って詳細に説明したが、当業者であれば、そこに多くの修正及び変更を行うことができる。従っ

て、前述の説明は、それによって限定されると解釈されるべきではなく、そのような前述の明白な変形を含み、以下の特許請求の範囲の趣旨及び範囲によってのみ限定されると解釈されるべきである。

【図面】

【図 1】



【図 2 A】

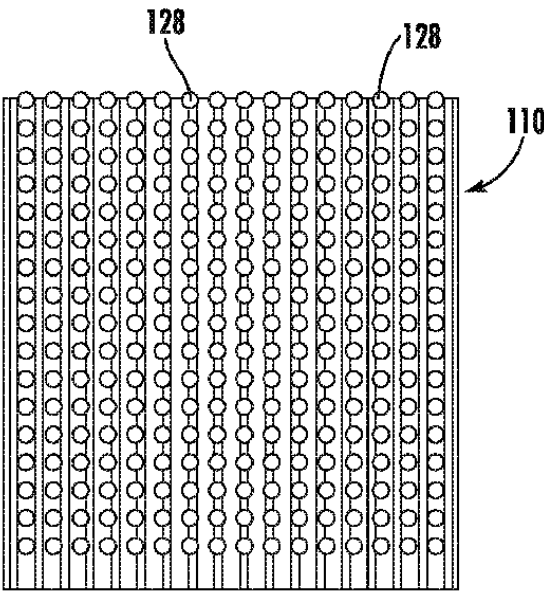


FIG. 2A

【図 2 B】

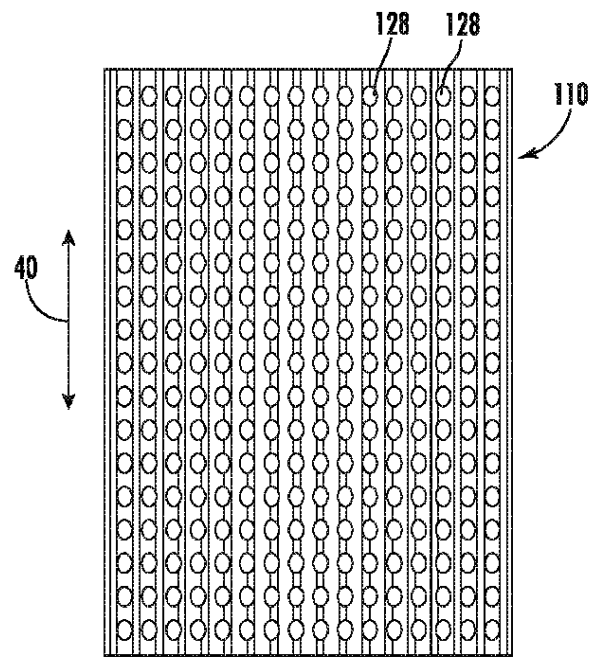


FIG. 2B

【図 3 A】

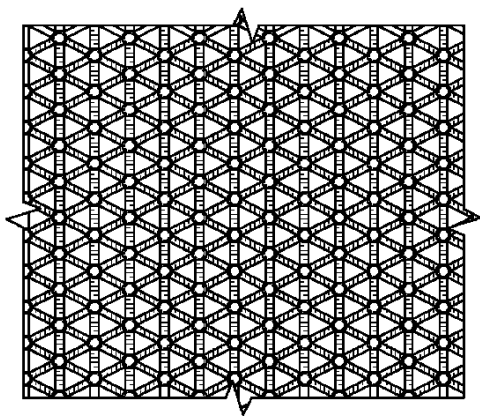


FIG. 3A

【図 3 B】

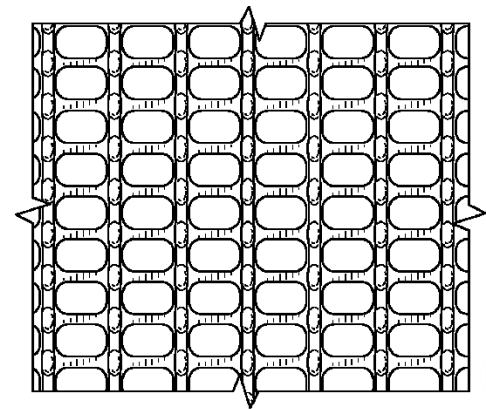


FIG. 3B

【図 3 C】

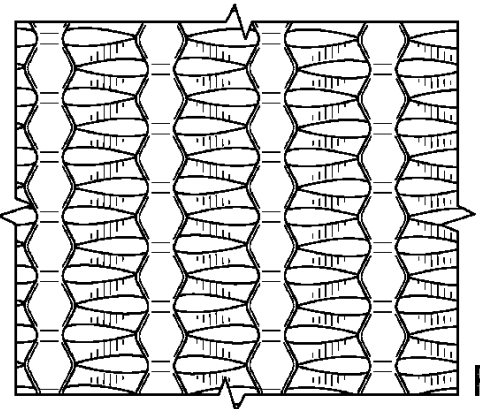


FIG. 3C

10

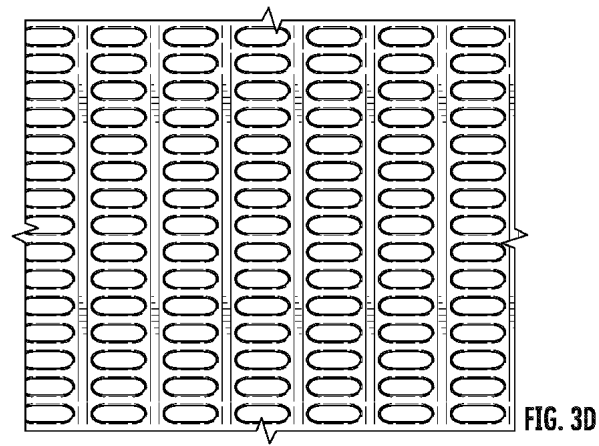
20

30

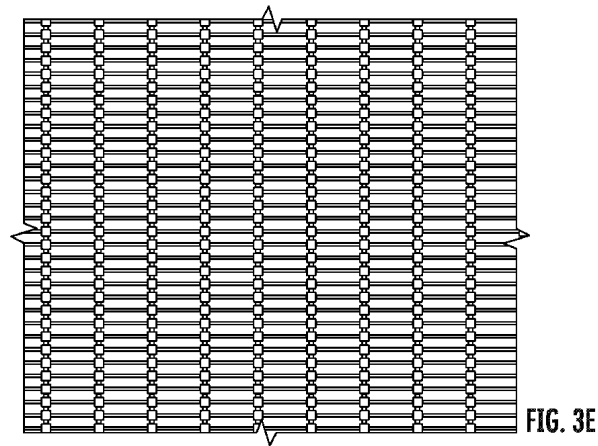
40

50

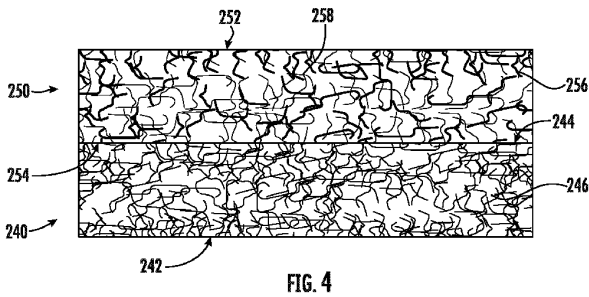
【 図 3 D 】



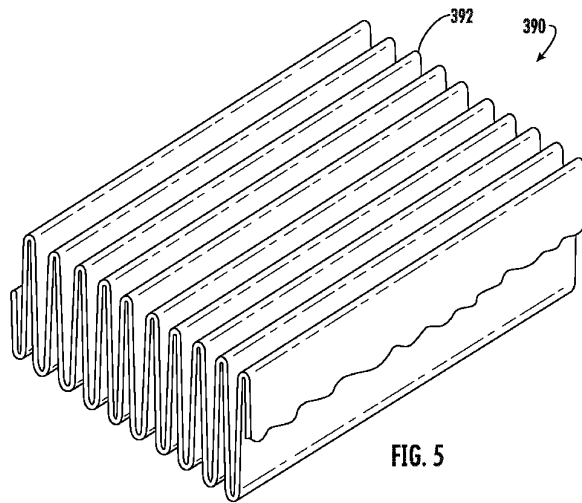
【 図 3 E 】



【 図 4 】



【 図 5 】



10

20

30

40

50

【図 6】

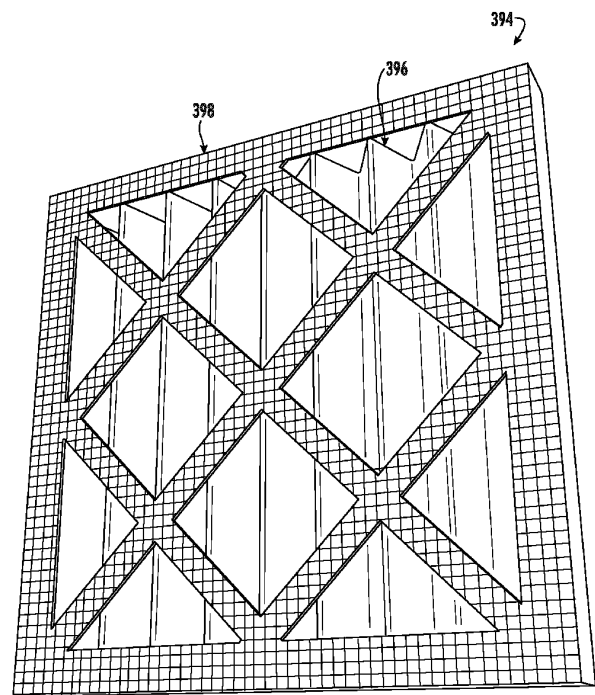


FIG. 6

【図 7】

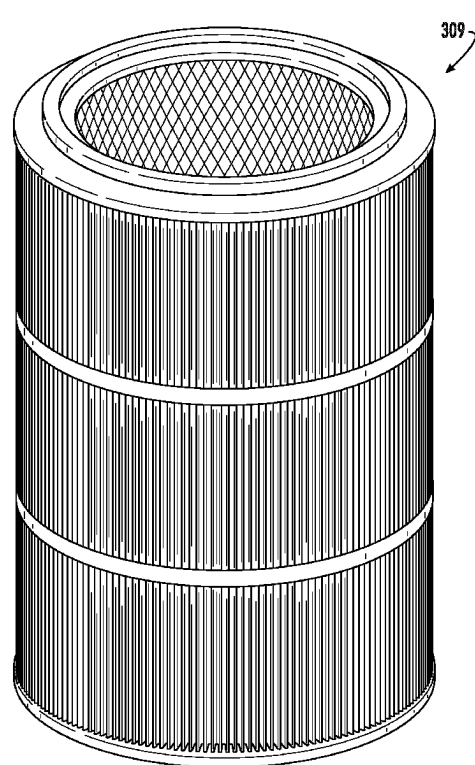


FIG. 7

【図 8】

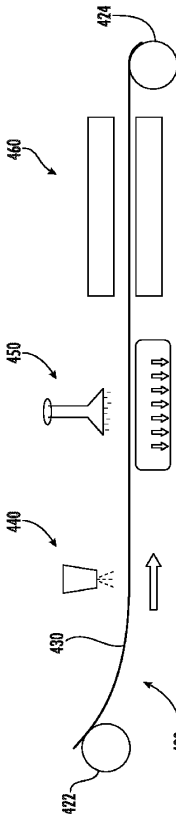


FIG. 8

【図 9】

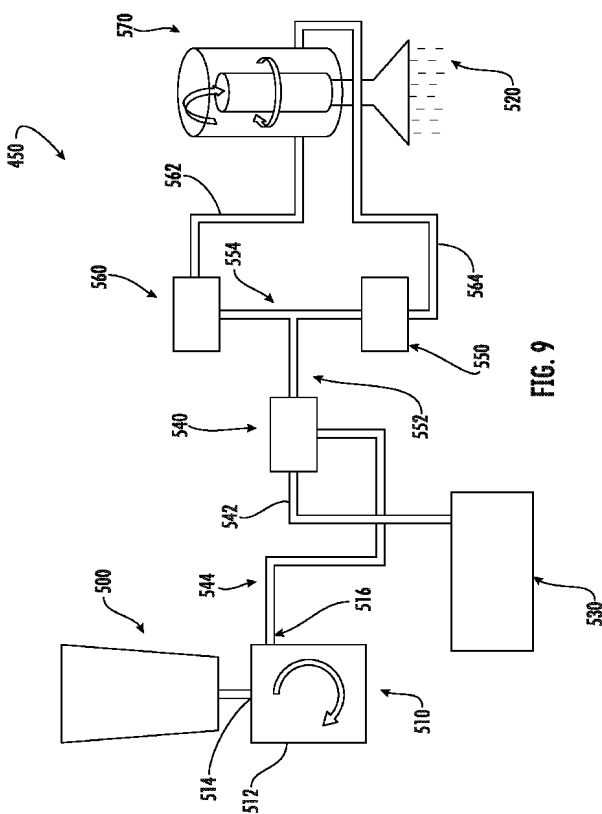


FIG. 9

10

20

30

40

50

【図 1 0 A】

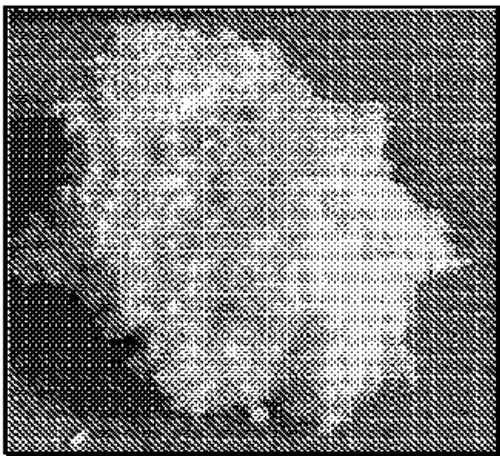


FIG. 10A

【図 1 0 B】

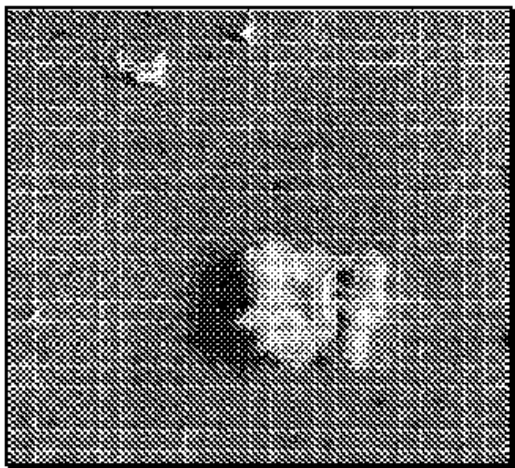


FIG. 10B

【図 1 0 C】

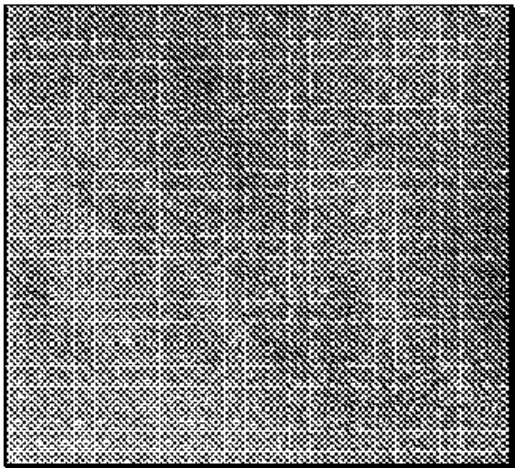
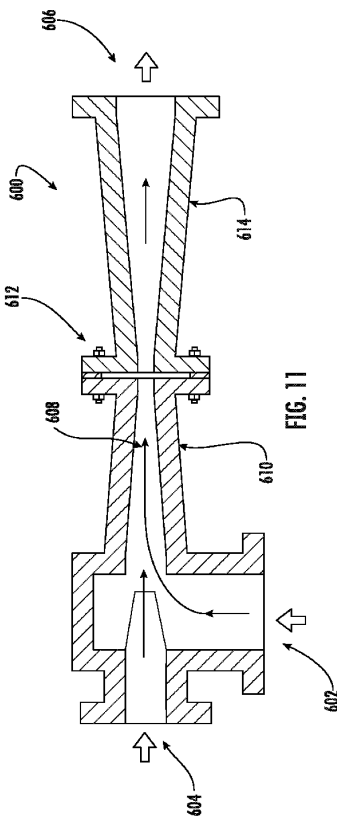


FIG. 10C

【図 1 1】



10

20

30

40

50

【図 1 2】

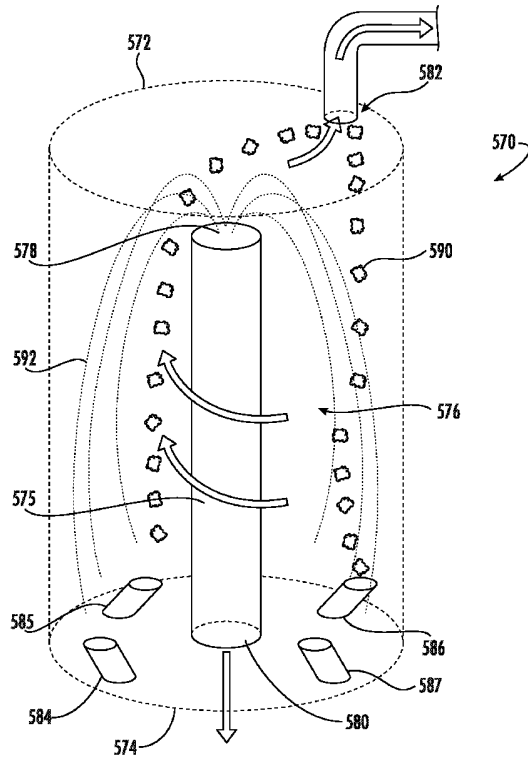


FIG. 12

【図 1 3】

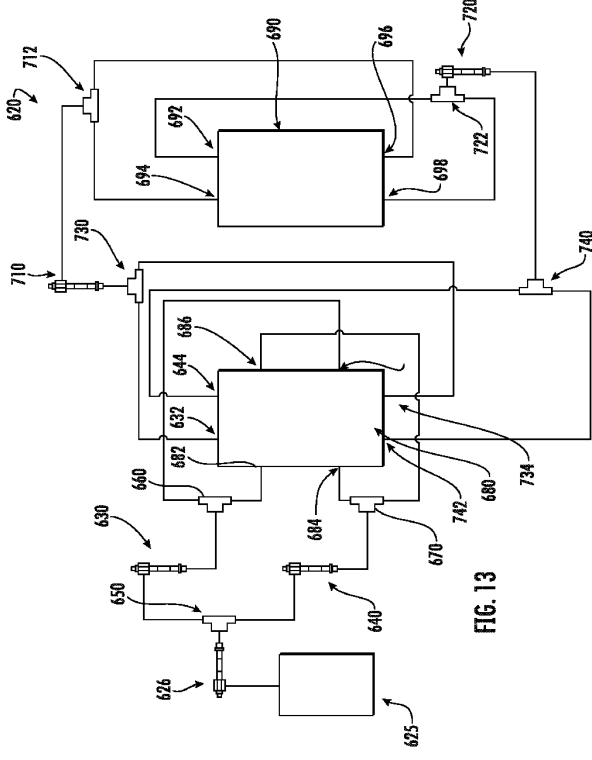


FIG. 13

【図 1 4】

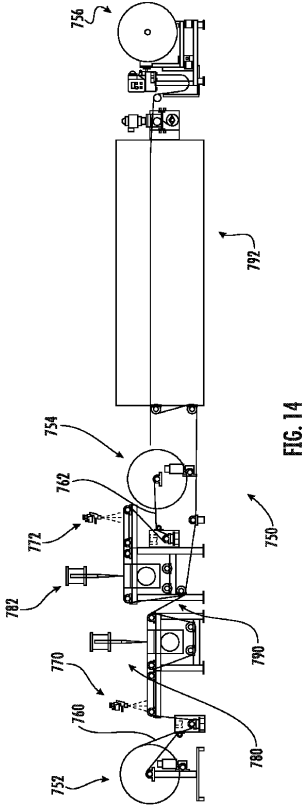


FIG. 14

【図 1 5】

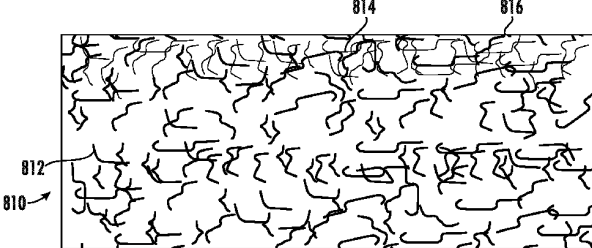


FIG. 15

10

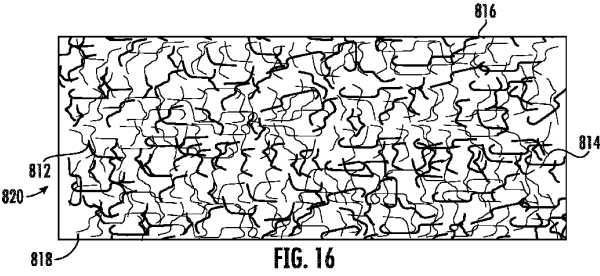
20

30

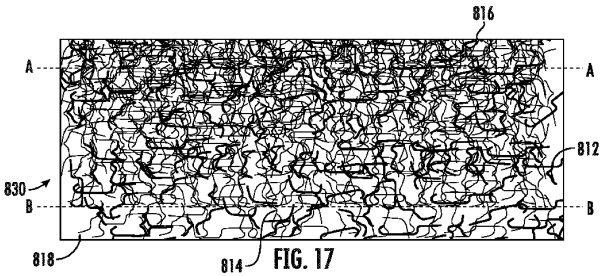
40

50

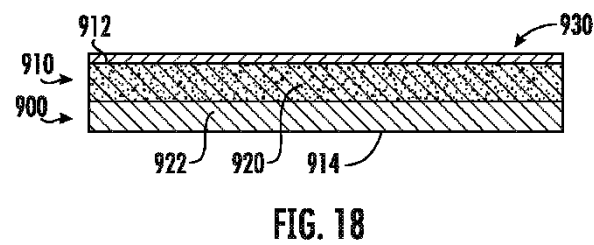
【図 1 6】



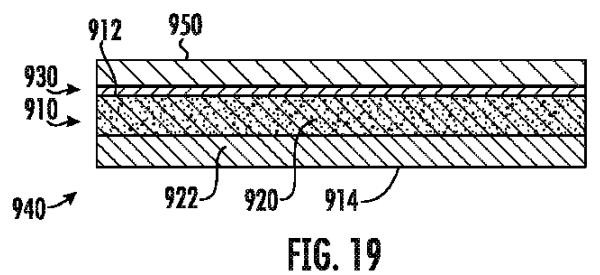
【図 1 7】



【図 1 8】



【図 1 9】



10

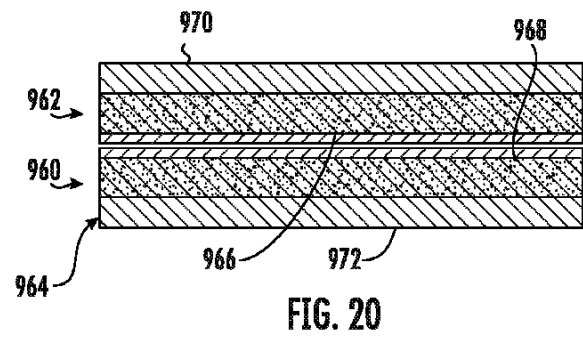
20

30

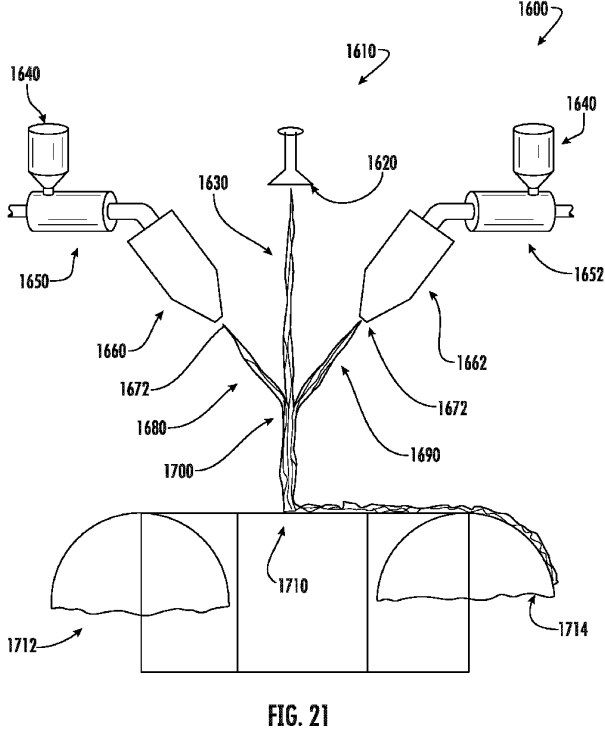
40

50

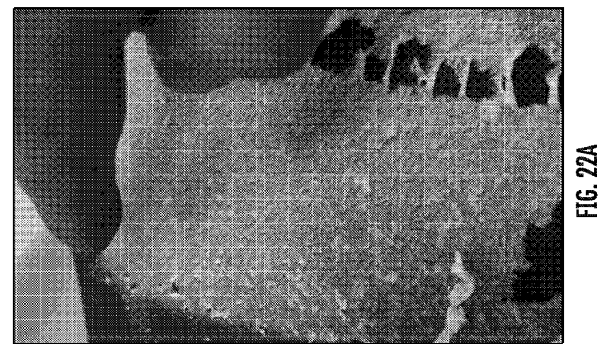
【図 2 0】



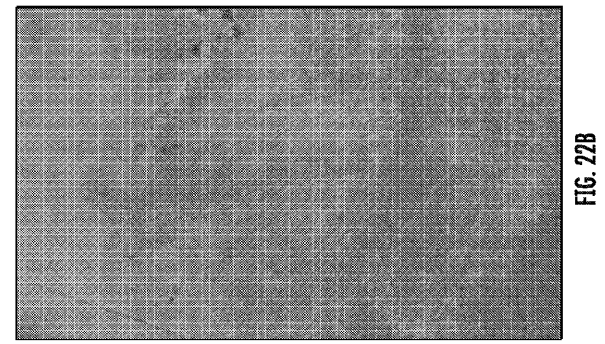
【図 2 1】



【図 2 2 A】



【図 2 2 B】



10

20

30

40

50

【図 2 3 A】

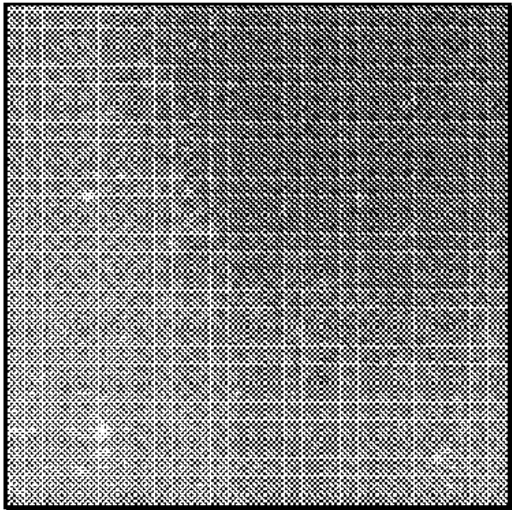


FIG. 23A

【図 2 3 B】

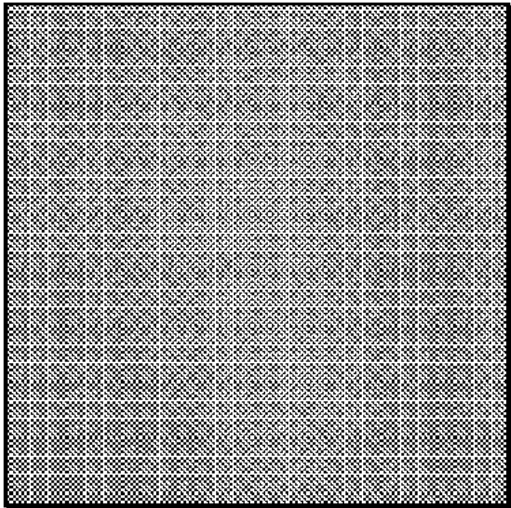


FIG. 23B

【図 2 4 A】

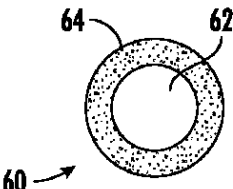


FIG. 24A

【図 2 4 B】

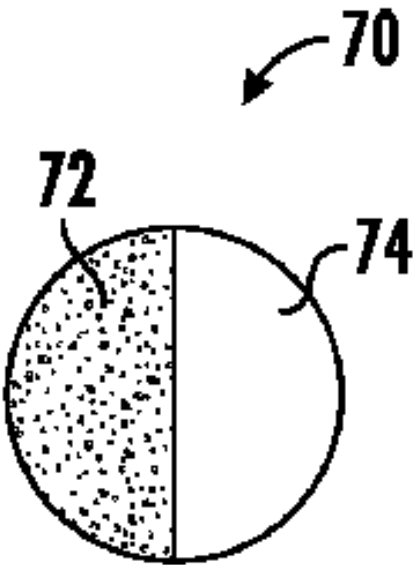


FIG. 24B

10

20

30

40

50

【図 24 C】

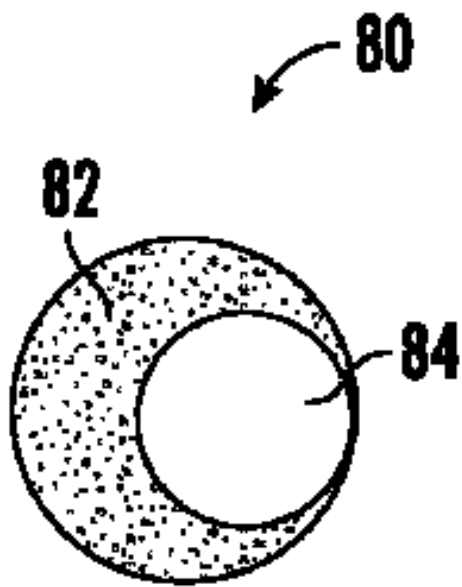


FIG. 24C

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2023/017899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC(8) - INV. - B01D 69/02; B01D 39/16; B29C 48/16 (2023.01)		
ADD. - B01D 53/04; B01J 20/28; B01J 20/32; D01D 5/00 (2023.01)		
CPC - INV. - B01D 69/02; B01D 39/1623; B29C 48/16 (2023.05)		
ADD. - B01D 53/04; B01D 2239/025; B01J 20/28007; B01J 20/3295 (2023.05)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) See Search History document		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched See Search History document		
Electronic database consulted during the international search (name of database and, where practicable, search terms used) See Search History document		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/0101413 A1 (JONES et al.) 29 April 2010 (29.04.2010) entire document	1-3, 5, 7, 15, 19, 20
Y		4, 6, 8-14, 16-18
Y	US 2020/0122068 A1 (DONALDSON COMPANY INC.) 23 April 2020 (23.04.2020) entire document	4
Y	US 2018/0209962 A1 (ENVERID SYSTEMS INC.) 11 July 2019 (11.07.2019) entire document	6, 9, 10
Y	US 2020/0032438 A1 (DELSTAR TECHNOLOGIES INC.) 30 January 2020 (30.01.2020) entire document	8, 17
Y	US 2008/0160856 A1 (CHEN et al.) 03 July 2008 (03.07.2008) entire document	11, 12, 14
Y	US 2021/0324244 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 21 October 2021 (21.10.2021) entire document	13
Y	WO 2010/006784 A1 (W. L. GORE & ASSOCIATES GMBH) 21 January 2010 (21.01.2010) entire document	16
Y	WO 2008/077372 A2 (PHILIPPS-UNIVERSITAT MARBURG) 03 July 2008 (03.07.2008) see machine translation	18
A	US 2003/0186405 A1 (LEE et al.) 02 October 2003 (02.10.2003) entire document	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 July 2023		Date of mailing of the international search report AUG 30 2023
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Taina Matos Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2023/017899

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet(s).

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-20

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2023/017899

Continued from Box No. III Observations where unity of invention is lacking

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I, claims 1-20, is drawn to a polymeric sheet comprising: at least one polymer layer having one or more apertures for flow of gas or liquid therethrough.

Group II, claims 21-35, is drawn to a gas filter comprising: a filter media; and a substantially rigid support layer bonded to the filter media, wherein the support layer includes fibers.

Group III, claims 36-43, is drawn to a composite material, comprising: a substrate having pores within an internal structure.

The inventions listed as Groups I, II and III do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons: the special technical feature of the Group I invention: a polymeric sheet comprising: at least one polymer layer having one or more apertures for flow of gas or liquid therethrough as claimed therein is not present in the invention of Groups II and III. The special technical feature of the Group II invention: a gas filter comprising: a filter media; and a substantially rigid support layer bonded to the filter media, wherein the support layer includes fibers as claimed therein is not present in the invention of Groups I or III. The special technical feature of the Group III invention: the nanoparticles form a gradient within the substrate such that a density of the nanoparticles decreases from a first surface to an opposing second surface of the substrate as claimed therein is not present in the invention of Groups I or II.

Groups I, II and III lack unity of invention because even though the inventions of these groups require the technical feature of a plurality of nanoparticles disposed within a layer, wherein the nanoparticles have at least one dimension less than 1 micron, this technical feature is not a special technical feature as it does not make a contribution over the prior art.

Specifically, US 2003/0186405 to Lee et al. teaches a plurality of nanoparticles disposed within a layer, wherein the nanoparticles have at least one dimension less than 1 micron (The polymeric plate of the present invention provides the basis for nano-filtering and micro-transfer molding devices. In a micro-transfer molding device, the polymeric plate serves as a "sprue plate" for channeling the moldable material into the mold cavities. In a filtering device, nanoparticles with an effective diameter greater than the effective diameter of each of the plate's nano-tubes are blocked from passing through the nano-tube while particles with smaller effective diameters are permitted to pass through the tube, para. 0011).

Since none of the special technical features of the Group I, II or III inventions are found in more than one of the inventions, unity of invention is lacking.

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

D 0 4 H **1/728(2012.01)**
D 0 4 H **3/16 (2006.01)**
D 0 4 H **1/413(2012.01)**
B 3 2 B **5/02 (2006.01)**
A 4 1 D **13/11 (2006.01)**

B 0 1 D 29/06 **5 1 0 Z**
B 0 3 C 3/28
D 0 4 H 1/728
D 0 4 H 3/16
D 0 4 H 1/413
B 3 2 B 5/02 **Z**
A 4 1 D 13/11 **Z**

4 F 1 0 0
4 L 0 4 7

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,
 ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,C
 O,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,I
 R,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW
 ,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL
 ,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100119013

弁理士 山崎 一夫

(74)代理人 100111796

弁理士 服部 博信

(74)代理人 100123766

弁理士 松田 七重

(74)代理人 100136249

弁理士 星野 貴光

(72)発明者 プラット アンドリュー ジー

アメリカ合衆国 デラウェア州 1 9 7 0 9 ミドルタウン リーディング レーン 4 1 2

(72)発明者 ポンペオ レニー

アメリカ合衆国 デラウェア州 1 9 7 0 9 ミドルタウン インダストリアル ドライヴ 6 0 1 デ
 ルスター テクノロジーズ インコーポレイテッド内

F ターム (参考)

3B211 CE02 CE03

4D019 AA01 AA02 BA03 BA04 BA05 BA06 BA13 BB02 BB03 BB04

BB08 BB10 BB12 BB13 BB18 BC01 BC05 BC06 BD01 CA02 CA03

CB06 CB07 DA03 DA04 DA06

4D054 AA11 AA20 BC15 BC16

4D058 JA10 JA13 JB03 JB04 JB05 JB14 JB32 JB39 SA20 TA03

TA07 TA08

4D116 BB14 BC03 BC13 BC17 BC27 BC61 BC71 EE04 FF12B FF14B

FF15B FF18B GG01 GG03 GG04 GG08 HH12B HH14B HH17B KK04 KK07

4F100 AD11B AG00B AJ03B AJ07B AK01B AK01C AK05C AK07B AK07C AK21B

AK41B AK41C AK48B AR00A BA02 BA03 BA04 DC11C DD11C DE01B DG00B

EH17C GB56 GB56A YY00B

4L047 AA05 AA14 AA21 AA27 AA29 AB08 BA17 CA01 CA05 CA06

CA10 CC12